

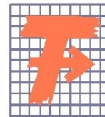
**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2011**

**PAVEL BURSA**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: N3108 – Průmyslový management

Studijní obor: 3106T013 – Management jakosti

**NÁVRH A OVĚŘENÍ NOVÉ NORMY NA  
HODNOCENÍ PAROPROPUSTNOSTI  
VLHKÝCH TEXTILIÍ**

**DESIGN AND VERIFICATION OF NEW  
STANDARDS FOR EVALUATION OF VAPOR  
PERMEABILITY OF WET FABRICS**

Bc. Pavel Bursa  
KHT - 047

**Vedoucí diplomové:** Prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

**Rozsah práce:**

Počet stran ..... 69

Počet obrázků..... 20

Počet tabulek..... 2

Počet grafů ..... 11

Počet stran příloh.. 14

Zadání diplomové práce

(vložit originál)

# PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

# PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou děkuji následujícím osobám:

- panu Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc., za vedení mé diplomové práce a rady při konzultacích,
- panu Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D., za rady při konzultacích,
- paní Ing. Brigitě Kolčavové Sirkové, Ph.D., za zapůjčení vzorků,
- mé rodině za morální podporu během celého studia.

# ANOTACE

Diplomová práce se zabývá termofyziologickým komfortem textilií – chladícím tokem. Z toho vyplývají navrhnutí a ověření normy na hodnocení paropropustnosti.

Hlavním cílem této práce bylo změření paropropustnosti vlhkých textilií na přístroji Permetest. Zjištění mezní vrstvy mezi kůží a tkaninou.

První část práce je tvořena teoretickou částí, která popisuje danou problematiku. Získané poznatky jsou aplikovány v praktické části při realizaci.

Praktická část je zaměřena na vytvoření zhodnocení, které je porovnáno s teoretickým modelem.

Účelem této práce bylo zjistit a navrhnout novou normu na hodnocení paropropustnosti vlhkých textilií.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

- Komfort
- Permetest
- Mokrý tkaniny
- Chlazení
- Relativní paropropustnost
- Výparný odpor

# ANNOTATION

This diploma thesis deals with thermo-physiological comfort fabrics – the cooling flow. Consequently, there exist proposals standards for verification and evaluation of vapor permeability.

The main objective of this professional work was to measure the vapor permeability by the wet fabrics on the device called Permetest. Findings of the boundary layer between the skin and fabric.

The first part of this work consists of a theoretical part which describes the main problem. The gained knowledge is applied in the practical part of the implementation.

The practical part is focused on creating evaluation, which is contrasted with the theoretical model.

The purpose of this thesis was to identify and propose a new standard to assess vapor permeability of wet fabrics.

## KEY WORDS:

- Comfort
- Permetest
- Wet fabrics
- Cooling
- Relative vapour permeability
- Evaporative resistance

# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Teoretická část.....</b>	<b>11</b>
2.1. Přehled metod hodnocení paropropustnosti a definice normy .....	11
2.1.1. Zjištění relativní propustnosti vodních par podle ČSN 80 0855 .....	12
2.1.2. Metoda Dreo .....	13
2.1.3. Skin model .....	14
2.1.4. Potíci torzo.....	15
2.1.5. Tepelný manekýn .....	16
2.1.6. Permetest .....	16
2.1.7. M261 .....	18
2.1.8. Pohárková metoda (ČSN EN ISO 15496).....	19
2.2. Vliv vlhkosti na paropropustnost .....	20
2.2.1. Zkušební metoda .....	21
2.2.2. Vliv vlhkosti na třecí vlastnosti.....	23
2.3. ČSN EN 31092 (ISO 11092:1993).....	23
2.3.1. Podstata.....	23
2.3.2. Zkušební zařízení .....	24
2.3.3. Zkušební prostor.....	25
2.3.4. Zkušební vzorky.....	25
2.3.5. Tepelný odpor .....	26
2.3.6. Výparný odpor .....	26
2.3.7. Index propustnosti vodních par .....	27
2.3.8. Propustnost vodních par.....	27
2.4. Oděv a jeho význam .....	28
2.4.1. Oděvní materiály.....	28
2.4.2. Přehled mechanických a kontaktních vlastností textilních výrobků .....	30
2.5. Lidská kůže.....	31
2.5.1. Potní žlázy .....	31
2.5.2. Komfort receptorů.....	32
2.5.3. Negativní vliv pocení (odparem potu) .....	33
2.6. Komfort.....	33
2.6.1. Termoregulace .....	37
2.6.2. Odvod tepla mezi člověkem a okolím .....	38
2.6.3. Odvod vlhkosti z lidského těla .....	43
2.7. Termofyziologický komfort.....	45
2.7.1. Termofyziologický komfort vzorec.....	46
<b>3. Praktická část .....</b>	<b>47</b>
3.1. Použitý materiál.....	47
3.2. Vzorky.....	50
3.3. Měření na přístroji Permetest.....	53
3.4. Chyby měření.....	66
3.4.1. Systematické chyby.....	66
3.4.2. Náhodné chyby .....	66
3.5. Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení (ČSN EN ISO 139 800056).....	67
<b>4. Závěr .....</b>	<b>69</b>



<b>5.</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>70</b>
<b>6.</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>72</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK

°C		stupeň Celsia
t	[°C]	teplota
K	( °C + 273)	Kelvin
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	měrná hustota
v	[m · s <sup>-1</sup> ]	rychlost
%		procento
$\varphi$	[%]	relativní vlhkost vzduchu
$\lambda$	[W · m <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná vodivost
r	[m <sup>2</sup> · K · W <sup>-1</sup> ]	tepelný odpor
m		metr
s		sekunda
W		Watt
Pa		Pascal
R <sub>et</sub>	[m <sup>2</sup> · Pa · W <sup>-1</sup> ]	výparný odpor
R <sub>ct</sub>	[m <sup>2</sup> · K · W <sup>-1</sup> ]	tepelný odpor
q	[W.m <sup>-2</sup> ]	tepelný tok
$\Sigma$		suma
x		střední hodnota
n		počet měření
x <sub>i</sub>		jednotlivá měření
WVP		propustnost vodních par
RWVP[%]		relativní propustnost vodních par
U	[%]	vlhkostní přívažek
atd.		a tak dále

## 1. ÚVOD

Tato práce je věnována měřením vlastností textilií, spadajících do termofyziologického komfortu – relativní chladicí tok. Je několik způsobů jak stanovit normu na paropropustnost. Pro stanovení nové normy byl v této práci použit přístroj Permetest a alternativní přístroje byly krátce popsány.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou popsány pojmy vztahující se k tématu. Použité materiály, komfort, alternativní přístroje a podrobněji termofyziologický komfort.

V praktické části budou popsány typy měřených vzorků. V tabulkách a grafech budou zobrazeny výsledky z měření na Permetestu. Pro měření bude použit model simulující vliv vzduchové mezery mezi kůží nositele a vlhkou textilií.

Závěrečná část práce uvede získané poznatky plynoucí z této práce. Výsledkem práce by mělo být potvrzení nebo zamítnutí teoretického modelu paropropustnosti.

## **2. TEORETICKÁ ČÁST**

### **2.1. Přehled metod hodnocení paropropustnosti a definice normy**

Termofyziologický komfort se dnes hodnotí podle normy ISO 11092, která se stala Evropskou normou.

Normu můžeme definovat jako směrnici, či pravidlo, které má být zachováno závazně, např.: právně, technicky; norma technická stanovuje požadované vlastnosti, provedení, uspořádání opakujících se předmětů, nebo způsobů a postupů práce. Vymezuje všeobecně užívané technické pojmy. Hlavní úkoly normy jsou:

- zjednodušení a snížení rozmanitosti činností a výrobků,
- domluva mezi stranou výrobce a zákazníka jak v národním tak i mezinárodním měřítku,
- zjednodušení obchodního styku a překonání jazykových bariér díky symbolům a kódům,
- zlepšení hospodárnosti,
- zlepšení bezpečnosti a ekologie,
- ochrana spotřebitele.

Normy rozlišujeme na státní (ČSN), evropské, mezinárodní, předmětové, jakostní a jiné. Technická norma je předpis, stanovující technické náležitosti, případně technická řešení u stanovených úkonů a dějů.

Soustavy norem

V soustavě technických norem existuje soubor právních předpisů:

1. ISO - mezinárodní normy, shrnují zkušební metody, značení a terminologii
2. EN - evropské normy, shrnují zkušební metody, značení, terminologii a bezpečnost výrobků
3. ČSN - národní normy, shrnují široký okruh problematik. Tyto normy se postupně sladují s normami vyšších stupňů.
4. ON - oborové normy. Tento typ norem byl k 31.12.1993 zrušen a částečně převeden na podnikové normy.
5. PN - podnikové normy, řeší problematiku jednotlivých výrobků nebo jejich skupin.

Kromě zmíněných norem se můžeme setkat s různými technickými předpisy a asociačními normami.

### Česká soustava norem

ČSN – vydává Český normalizační institut. Za písmennou značkou normy se uvádí šestimístné třídící číslo, kde se první dvojčíslí odděluje mezerou. To označuje třídu normy, třetí a čtvrtá číslice značí skupinu a podskupinu a poslední dvojčíslí značí pořadové číslo normy.[1]

### PŘEHLED NOREM

ISO	mezinárodní normy	International Standard Organization
GOST	normy Ruské federace	Gosudarstvennyj Standart
ASA	normy USA	American Standard Assotiation
ASTM	normy USA	American Standard Test Methods
DIN	normy SRN	Deutsche Industrie Normen
BS	normy Velké Británie	British Standard

#### 2.1.1.Zjištění relativní propustnosti vodních par podle ČSN 80 0855

Měří se upevněný kruhový vzorek textilie 30 cm<sup>2</sup> na misce, která obsahuje silikagel T, vysoušedlo o zrnitosti 0,4 až 1,6 mm. Misky se vzorkem se před expozicí zváží, poté se zváží po 6hodinové expozici (po uplynutí doby  $\tau$ ). Měření probíhá v klimatizační skříni. Expozici v klimatizační skříni je nutné provádět při zkušebních podmínkách

- teplota  $20 \pm 2$  °C
- relativní vlhkosti  $\varphi = 65 \pm 2\%$
- rychlosti proudění vzduchu  $0,2m/s$  [2]

$$P_{rel} = (G_1 - G_0) / G_0 \quad [\%] \quad (1)$$

$$P_{abs} = (G_1 - G_0) / S\tau \quad [kg/m^2hod] \quad (2)$$

[2]

## Postup zkoušky

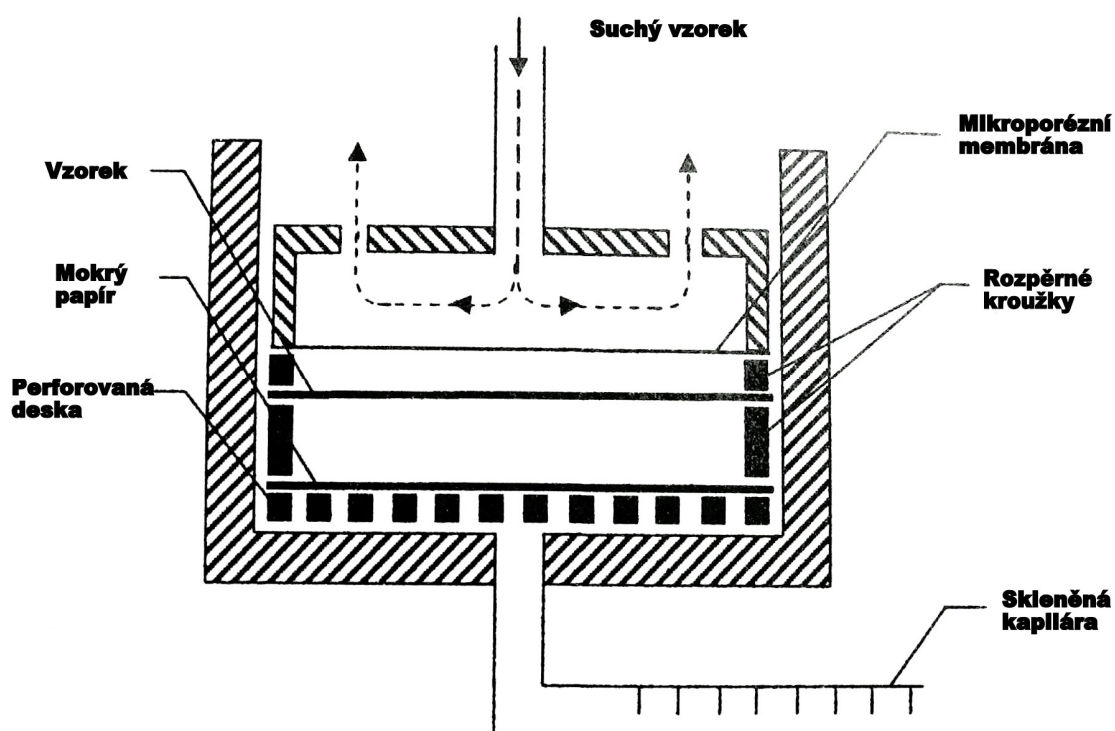
Zkušební misky se naplní vysušeným silikagelem o hmotnosti  $30 \pm 0,1$  g, který je rovnoměrně rozložený, vše se vloží do sušárny a vysouší se přibližně 4h při  $140^{\circ}\text{C}$ .

U každé zkoušené plošné textilie současně probíhá měření na pěti vzorcích a na stejném počtu srovnávacích zkoušek v miskách bez textilie.

Tato metoda je jednoduchá, ale nepřesná a pomalá podle ČSN 80 0855 již nevyhovuje současným nárokům. Termofyziologický komfort se dnes hodnotí podle normy ISO 11092, která se stala Evropskou normou. [2, 3, 4]

### 2.1.2. Metoda Dreo

Tuto metodu navrhli Farnworth, Van Beest a Dolhan. Vzorek je upevněn na podložku mezi dvěma polopropustnými vrstvami. Voda je pod spodní vrstvou a přes vrchní vrstvu proudí suchý vzduch. Spodní vrstva chrání a odděluje vzorek od vodní hladiny, vrchní vrstva před průnikem vzduchu. Vodní ztráta není určena vážením, ale je odečtena na stupnici skleněné kapiláry.



Obr. č. 1: Farnworthův difuzimetr. [3]

### **2.1.3.Skin model**

Základem přístroje je vyhřívaná a zavlhčovaná porézní deska označovaná jako „model lidské kůže“ slouží k simulaci procesů přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází mezi pokožkou a okolím.

#### **Zkouška za stacionárních podmínek**

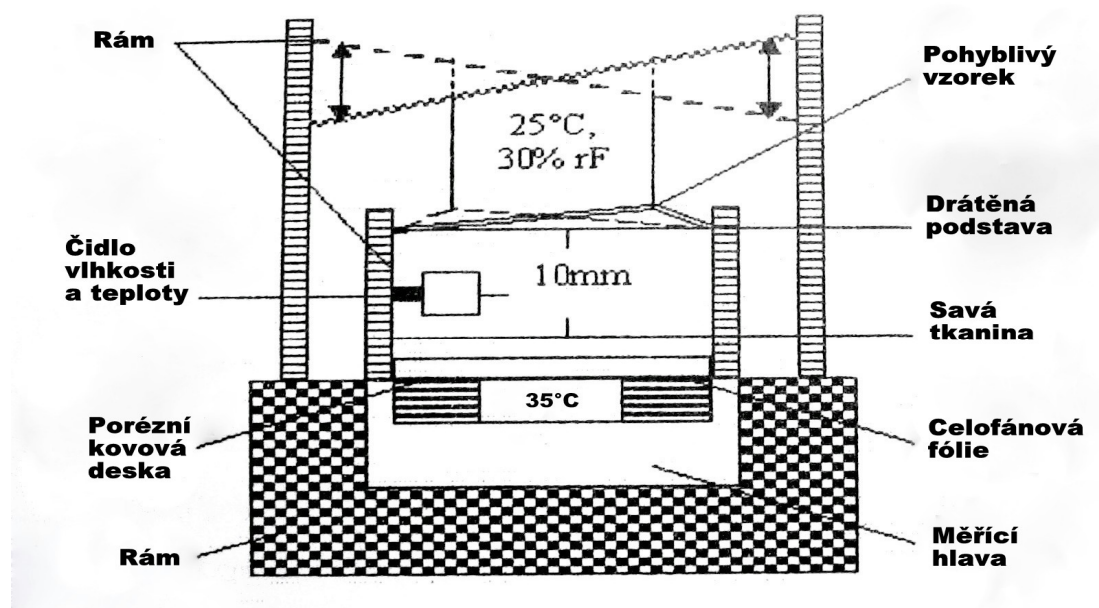
Zkušební vzorek se umístí na elektricky vyhřívanou desku o teplotě 35°C obtékanou vzduchem proudícím paralelně s povrchem desky o rychlosti 1 m.s<sup>-1</sup> a teplotě 20°C (při tepelném odporu) nebo 35°C (při paropropustnosti). Po dosažení ustálených podmínek celého systému (trvá několik hodin) se měří příkon vytápěné desky. Při paropropustnosti je vyhřívaná deska pokryta celofánovou membránou, která propouští vodní páry, ale nepropouští vodu. Přiváděná voda se odpařuje na vyhřívané desce a prochází membránou ve formě páry. Zkoušený vzorek tak nepříjde do kontaktu s vodou. Zatímco intenzita odparu je přímo úměrná propustnosti textilie pro páru, teplota desky má klesající tendenci. Tepelný příkon, který je přiváděn do desky, aby udržoval její teplotu (35°C) je mírou propustnosti textilie pro páru. Při měření tepelného příkonu je měřicí deska obklopena elektronicky teplotně neměnnou plochou, aby nedocházelo k tepelným ztrátám.

Nevýhodou měření tepelného příkonu a termofyziologických vlastností textilií je setrvačnost celého zařízení. Měření jednoho vzorku může trvat více než 1 hodinu. Během tohoto času dochází k samotné kondenzaci vlhkosti ve vlastním vzorku, z tohoto důvodu bývá výsledek zkreslený. [3, 5]

#### **Zkouška za nestacionárních podmínek**

Zkouška měří regulační účinek z parní fáze, který určuje komfort nošení textilií nejbližších pokožce za podmínek intenzivního pocení (odparem potu), kde se ještě stačí pot vypařit z potních kanálků kůže. Děj můžeme simulovat pomocí hydrofilní tkaniny umístěné na porézní vyhřívané desce zavlhčené 4 cm<sup>3</sup> vody, která se odpařuje. Čidla ve vzduchovém prostoru mezi porézní deskou a vzorkem měří časový průběh teploty a vlhkosti, podle nastaveného režimu signálů pocení.

Pro respektování konvekce v mikroklimatu daného pohybem těla, se může vzorek rytmicky pohybovat pomocí elektricky ovládaných nit'ových tahů. [3]



Obr. č. 2: Model pokožky pro měření regulačního účinku z parní fáze. [3]

#### 2.1.4. Potící torzo

Torzo je válec velikosti lidského trupu. Vrstvy jsou modelovány jako lidské tělo (kůže). Vrstvy jsou vyrobeny z teflonu, polyethylenu, polyamidu a alumina. Materiály mají podobné tepelné kapacity a tepelné vodivosti jako příslušné vrstvy lidského těla. Válec je naplněn vodou, pro získání přibližně stejné tepelné kapacity jako lidské tělo. Torzo obsahuje potní trysky, které mají napodobit potní žlázy. Válec se ohřívá na teplotu lidského těla  $33^{\circ}\text{C}$  pomocí topných fólií. Pro určení teplot v jednotlivých vrstvách jsou na torzu umístěna čidla. Válec je vertikálně umístěn do klimatické komory, kde proudí vzduch o rychlosti  $2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na torzu se měří vzorky při různých zátěžích organismu. Podle dodávaného příkonu se zjišťují tepelné ztráty. [3]

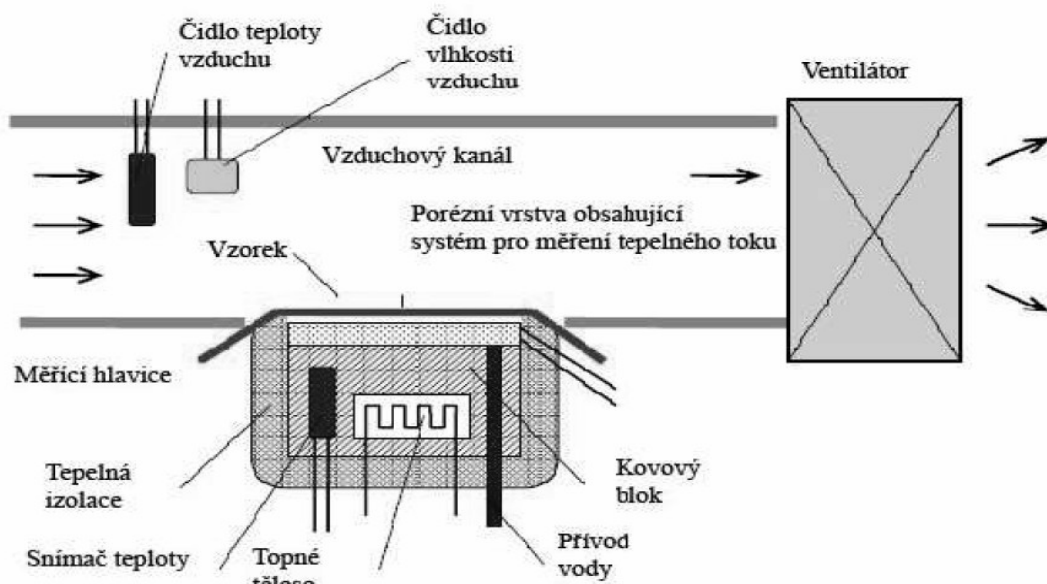


### 2.1.5. Tepelný manekýn

Tepelný manekýn nahrazuje lidské tělo splněním nejzákladnější termoregulačních funkcí. Je schopen i omezeného pohybu. Stroj je rozdělený na 17 nezávislých tepelných segmentů, které za pomoci počítače udržují své povrchové teploty na průměrné hladině 33°C. K simulaci udržení a rozdělení tepla se používá elektrický příkon  $P$  [W]. Účinek propustnosti vodních par části oděvu na oděvní komfort není stanoven přímo pomocí manekýna. Cena tohoto simulátoru je vysoká a jeho obsluha složitá. [3, 5]

### 2.1.6. Permetest

Permetest je přístroj založený na přímém měření tepelného toku  $q$ , který prochází povrchem tepelného modelu lidské pokožky tzv. „SKIN MODEL“, simulující funkci ochlazování pocením. Na tento povrch je přiložen přes separační folii měřený vzorek. Vnější strana je ofukována. Úroveň ochlazování závisí na rozdílu parciálních tlaků na povrchu pokožky, vnějším prostředí a na paropropustnosti oděvní soustavy. [3]



Obr. č. 3: Schéma přístroje Permetest. [3]

Při měření výparné paropropustnosti a odporu je měřicí hlavice udržovaná na teplotě okolního vzduchu (obvykle 20° – 23°C), který je do přístroje nasáván. Při měření se vlhkost v porézní vrstvě mění v páru, která přes separační fólii prochází vzorkem.

Přístroj měří relativní propustnost textilií pro vodní páry  $p$  [%], praktický parametr, kde 100% propustnost představuje tepelný tok  $q_o$  vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jaký má měřený vzorek. Zakrytí této hladiny měřeným vzorkem, se tepelný tok sníží na hodnotu  $q_v$ . [3]

### **Relativní propustnost:**

Je nenormalizovaný, ale velmi praktický parametr  $p$  [%], kde 100% propustnost představuje tepelný tok  $q_o$  odpar z volné vodní hladiny o stejném průměru, jaký má měřený vzorek. Zakrytí hladiny měřeným vzorkem se tepelný tok sníží na hodnotu  $q_v$ . [3]

$$p = 100(q_v / q_o) \quad [\%] \quad (3)$$

### **Výparný odpor:**

Parciální tlak vodní páry ve vzduchu  $P_a$  je veličina, která je určena z relativní vlhkosti vzduchu  $\varphi$  a jeho teploty  $t_a$ . Parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí hlavice  $P_m$  je funkce naprogramována v počítači přístroje. [3]

$$R_{et} = (P_m - P_a)(q_v^{-1} - q_o^{-1}) \quad [\text{Pa m}^2 \text{ W}^{-1}] \quad (4)$$

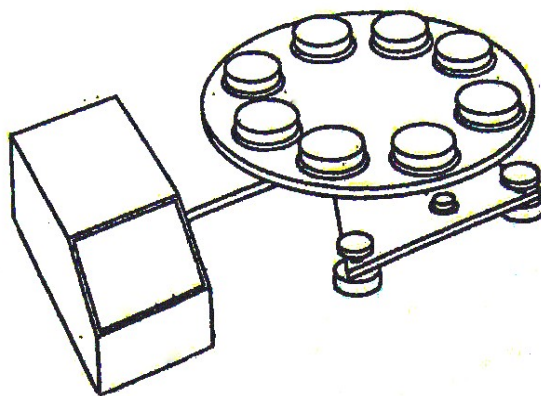
[6]

Výhodou tohoto zařízení je rychlost měření (3-5minut), je rychlejší a přesnější než ostatní používané přístroje, u těch může doba měření trvat déle jak 30 minut a vliv rychlosti na tepelnou ztrátu, ten není zcela odpovídající. [3]

### 2.1.7. M261

Tímto přístrojem se měří paropropustnost podle BS7209 a BS3424. Použit se dá jak pro materiály s nízkou, tak i vysokou paropropustností. Zkušební vzorek se stabilizuje po dobu 4 hodin při vlhkosti, která nepřesáhne 10% a teplotě vyšší jak 50°C.

Vzorek, se upevní přes vrchní okraj zkušební misky, ta obsahuje přibližně 46 ml vody, a je umístěna do klimaticky předepsaného prostředí. To je určeno teplotou  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  a relativní vlhkostí  $65\% \pm 2\%$ . Za časový interval 1h se sleduje vyrovnání rozdílu tlaku vodní páry, která prochází přes vzorek. Tímto způsobem se postupně provádí



Obr. č. 4: Schéma přístroje M261 [8]

odečítání z misek, a je tak spočítán podíl prostupu vodních par skrz vzorek. Index prostupnosti je vypočítán podle rovnice 6. [7, 8]

**Přístroj je tvořen ze sestavy:**

- 1x otočná deska s hnací jednotkou (obr. č. 4),
- 8x miska
- 8x trojúhelníková svorka
- 8x krycí kroužek
- 1x tuba lepidla
- 1x role lepící pásky
- Referenční kontrolní tkanina.

$$WVP = \frac{24M}{At} [\text{g/m}^2/\text{den}] \quad (5)$$

M ztráta hmotnosti sestavy za časové období (g)

t čas mezi měřeními (h)

A plocha zkušebního vzorku  $0,0054113(\text{m}^2)$

$$L = \left( \frac{WVP_{\text{test}}}{WVP_{\text{ref}}} \right) \cdot 100 [\%] \quad (6)$$

$WVP_{\text{test}}$  propustnost vodních par zkoušené textilie

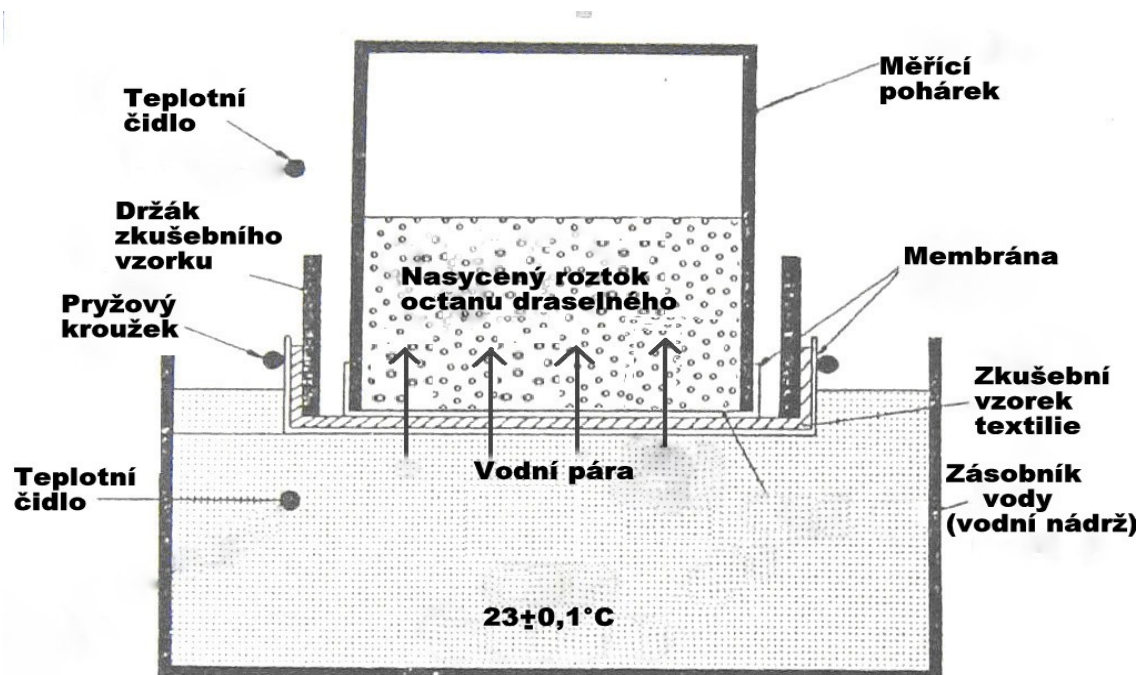
$WVP_{\text{ref}}$  propustnost vodních par referenční textilie

[8]

### 2.1.8. Pohárková metoda (ČSN EN ISO 15496)

Metoda v této normě není vhodná k hodnocení výparného odporu, který se vztahuje k fyziologickým vlivům, které slouží k prostředkům osobní ochrany. Tuto metodu vyvinula firma INOTEX, s. r. o., Dvůr Králové nad Labem. [9]

Zkoušený vzorek se umístí do kruhového držáku s hydrofobní, mikroporézní membránou (ta odpuzuje vodu, přestože disponuje vysokou propustností vodních par). Následně se vloží do vodní lázně, aby byla membrána v kontaktu s vodou. Pohárek, který obsahuje nasycený roztok octanu draselného, vytváří relativní vlhkost kolem 23 % na povrchu zkoušeného vzorku, který je zakrytý druhým dílem stejné membrány. Roztok octanu draselného musí být připraven důkladným smísením suchého octanu draselného s destilovanou vodou v poměru 100 g octanu draselného ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ) : 31 g vody ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Směs musí být bez nerozpuštěných částic. Membrána je v kontaktu se zkušebním vzorkem, kde nastává průchod vodní páry zkušebním vzorkem z vodního lázně (zásobníku) do pohárku. Po 15 minutách se pohárek vyjme a zváží. Po tomto procesu probíhá zkouška bez vzorku pro stanovení propustnosti vodních par přístrojem. [9]



Obr. č. 5: Schéma Pohárkové metody [9]

Membrány musí mít vysokou propustnost vodních par, tzn. že dvě vrstvy musí mít vyšší propustnost jak  $1,2 \text{ g/m}^2\text{Pa}\cdot\text{h}$ , aby se dalo měřit podle této normy. [9]

Vodní lázeň si můžeme představit jako skleněný či plastový zásobník, ve kterém je destilovaná voda udržovaná při teplotě  $(23 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ . Teplota je měřena na několika místech současně. Důležité je zabránění vzduchových bublin v destilované vodě při použití. [9]

### Výpočty v této metodě:

$$\Delta m = m_{15} - m_0 \quad (7)$$

$$WVP_{app} = \frac{\Delta m_{app}}{a \times \Delta p \times \Delta t} \quad (8)$$

$$WVP = \left( \frac{a \times \Delta p \times \Delta t}{\Delta m} - \frac{1}{WVP_{app}} \right) - 1 \quad (9)$$

$\Delta m$  změna hmotnosti pohárku

$WVP_{app}$  propustnost vodních par přístrojem [ $\text{g/m}^2\text{Pa}\cdot\text{h}$ ]

$m_{app}$  změna hmotnosti pohárku na držáku zkušební vzorku pouze s membránou za  $\Delta t$  [g]

$a$  plocha měřícího pohárku [ $\text{m}^2$ ]

$\Delta t$  doba měření [h]

$\Delta p$  rozdíl parciálního tlaku vodní páry po průchodu vzorkem [Pa]

$WVP$  propustnost vodních par zkušebním vzorkem [ $\text{g/m}^2\text{Pa}\cdot\text{h}$ ]

[9]

## 2.2. Vliv vlhkosti na paropropustnost

Při zvyšování vlhkosti v materiálu se relativní propustnost vodních par zvyšuje, ale teplota tkaniny poklesne v důsledku odpařování vody z povrchu. V této práci byla sledována propustnost vodních par z mokré tkaniny, vliv vzduchové vrstvy mezi kůží a textilií. Cílem bylo simulovat účinek vzduchové mezery mezi kůží a mokrou textilií pomocí přístroje Permetest, a ukázat tak změny chladícího efektu, na těle vzhledem ke zvyšující se vlhkosti. Pokud jsou vrstvy vzduchu zavedeny mezi vrstvu tkaniny a kůže. Tloušťka vzduchových vrstev byla simulována pomocí distančních kroužků a to

na 2 a 4 mm. Testované materiály byly z pěti bavlněných tkanin v keprové vazbě 3 / 1. Důvod vybrání těžších tkanin byl ten, že relativní propustnost vodních par tenké textilie je příliš vysoká (50-55%) na dobu sušení. Měření těžších tkanin je v tomto ohledu přesnější. Tkaniny byly měřeny v laboratoři s řízenou teplotou 21 – 23°C a relativní vlhkostí 50-55%. [10]

### 2.2.1. Zkušební metoda

Zkušební metoda byla prováděna na přístroji Permetest, který měří množství tepla procházející modelem lidské kůže. Vzorek textilie je umístěn na měřicí hlavu s polopropustnou membránou a je vystaven paralelnímu proudění vzduchu o rychlosti  $1\text{m.s}^{-1}$ . Připojený počítač určuje výparný odpor  $R_{et}$  a tepelný odpor  $R_{ct}$ , který je popsán v normě ISO 11092. Čím vyšší je relativní propustnost vodních par, tím nižší je  $R_{et}$ , a tím lepší tepelná pohoda oděvu. Vlhkost textilie byla určena přívazkem vlhkosti, ten byl zjišťován po určité době, aby se vlhkost rozložila po celé ploše vzorků. Vlhkostní přívazek byl ověřován na digitálních vahách. Tato hodnota je následně značena U a uváděna v %.

$$U = \frac{(m_v - m_s)}{m_s} * 100 \quad [\%] \quad (10)$$

$m_v$  hmotnost vlhkého vzorku (g)

$m_s$  hmotnost suchého vzorku (g)

[10]

Pokud je povrch textilie pokryt souvislou vodní vrstvou (vodním filmem), můžeme chladicí tok popsat podle rovnice:

$$q_{fab} = \beta(p_{sat, fab} - p_{air}) \quad (11)$$

S rostoucí vlhkostí textilie tepelný odpor tkaniny klesá, to způsobuje zvýšení chladicího průtoku odváděného z kůže. Tepelný tok z kůže můžeme popsat rovnicí (12) za předpokladu, že částečný tlak vodní páry na povrchu kůže dosáhne nasycené úrovně.

$$q_{skin} = \frac{p_{sat} - p_{air}}{R_{gap} + R_{et} + R_{eto}} [W / m^2] \quad (12)$$

Výparný odpor relativně úzké vzduchové vrstvy bez příspěvku volného proudění můžeme popsat:

$$R_{gap} = \frac{h}{D_p} [Pa.m^2 / W] \quad (13)$$

Odpor mezní vrstvy zobrazuje tato rovnice:

$$R_{eto} = \frac{1}{\beta} [Pa.m^2 / W] \quad (14)$$

Celkový tepelný tok převedený skrz mezní vrstvu na povrch tkaniny je poté dán součtem tepelného toku odcházejícího z kůže přes propustnou tkaninu a prouděním tepla způsobeného teplotním gradientem mezi kůží a povrchem tkaniny. Který je chlazen odpařováním vody z povrchu textilie.

$$q_{tot} = \frac{p_{sat} - p_{air}}{R_{egap} + R_{et} + R_{eto}} + \frac{\beta(p_{sat,fab} - p_{air})}{1 + \alpha R_{ct}(1 - kU) + \alpha Re_{cgap}} \quad (15)$$

### Figurující zkratky.

$p_{sat}$	nasycený tlak vodní páry na povrchu pokožky, závisí na teplotě kůže
$p_{air}$	tlak vodní páry v oblasti okolního vzduchu
$R_{egap}$	odpařovací odpor vzduchové vrstvy (Pa.m <sup>2</sup> /W)
$R_{et}$	výparný odpor tkaniny (Pa.m <sup>2</sup> /W)
$R_{eto}$	odpařovací odpor mezní okrajové vrstvy (Pa.m <sup>2</sup> /W)
$\beta$	koeficient proudění hmotného přenosu (W/Pa.m <sup>2</sup> )
$p_{sat,fab}$	nasycený tlak vodní páry na povrchu textilie, v závislosti na teplotě povrchu tkaniny
$\alpha$	součinitel přenosu tepla (W.m <sup>2</sup> /K), zvyšuje se s rychlostí proudění
$R_{et}$	tepelný odpor textilie
$k$	konstanta charakterizující snížení tepelného odporu způsobená vlhkostí
$U$	relativní přírůstek hmotnosti (%)
$h$	tloušťka vzduchové mezery
$D_p$	difúzní koeficient vztahující se k vodní páře
$R_{cgap}$	tepelný odpor vzduchové vrstvy

[10]

### **2.2.2.Vliv vlhkosti na třecí vlastnosti**

Pocit nepohodlí, způsobený vlhkým oděvem, je důležitou složkou smyslového vnímání. Provedený výzkum u bavlněných pletenin ukázal, že při obsahu vlhkosti v textilií nad 50% hranicí je pocit nepříjemný. Při vlhkosti nad 50 % vykazoval konstantní úroveň tření a při vlhkosti cca 75 % byl koeficient tření dokonce nižší než při 50 % vlhkosti. Materiály by měly svému nositeli poskytovat lepší komfort při nošení, než jaký mu poskytují běžné pleteniny při vysoké aktivitě, kdy dochází k značnému pocení. Měření povrchového tření za mokra můžeme provést na přístroji FRICTORQ tester v Portugalsku a Turecku. Přístroj je svou kontaktní plochou a přitlakem řešen obdobně jako přístroj KES. [11]

### **2.3. ČSN EN 31092 (ISO 11092:1993)**

Norma se zabývá měřením fyziologických vlastností – měření tepelného odporu a odporu vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou deskou). ISO 11092:1993 je první z norem zabývajících se komfortem odívání. Fyzikální vlastnosti textilních materiálů, filmů, nátěrů, pěn a kůží včetně vrstvených sestav používaných v odívání, prošívaných přikrývek, spacích pytlů, apod., které náleží k fyziologickému komfortu. Norma obsahuje kombinaci přenosů tepla a hmoty. [12]

#### **2.3.1.Podstata**

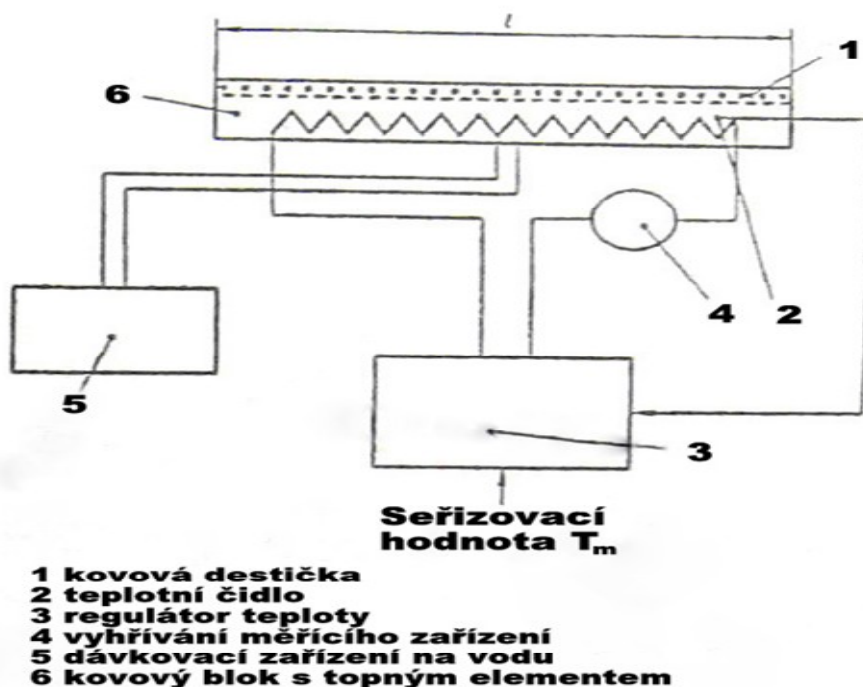
Zkušební vzorek je umístěn na elektricky vyhřívanou desku a klimatizovaný vzduch prochází paralelně ve směru povrchu. Pro zjištění tepelného odporu se měří tok tepla procházející zkušebním vzorkem po ustálení podmínek. Pro určení odporu vůči vodním parám je elektricky vyhřívaná deska zakrytá membránou, která propouští vodní páry, ale nepropouští vodu. Přiváděná voda se na vyhřívané desce odpařuje a prochází membránou ve formě páry, zkoušený vzorek tak nepříjde s vodou do kontaktu. Popis normy stanoví výparný odpor materiálu  $R_{et}$  tak, že výparný odpor mezní vrstvy vzduchu nad povrchem zkušebního zařízení se odečte od odporu zkušební vzorku a vzduchové vrstvy, kde obě měření probíhají za stejných podmínek. Totéž platí i pro tepelný odpor  $R_{ct}$ . [12]



### 2.3.2. Zkušební zařízení

#### Měřicí jednotka s regulací teploty a přívodu vody

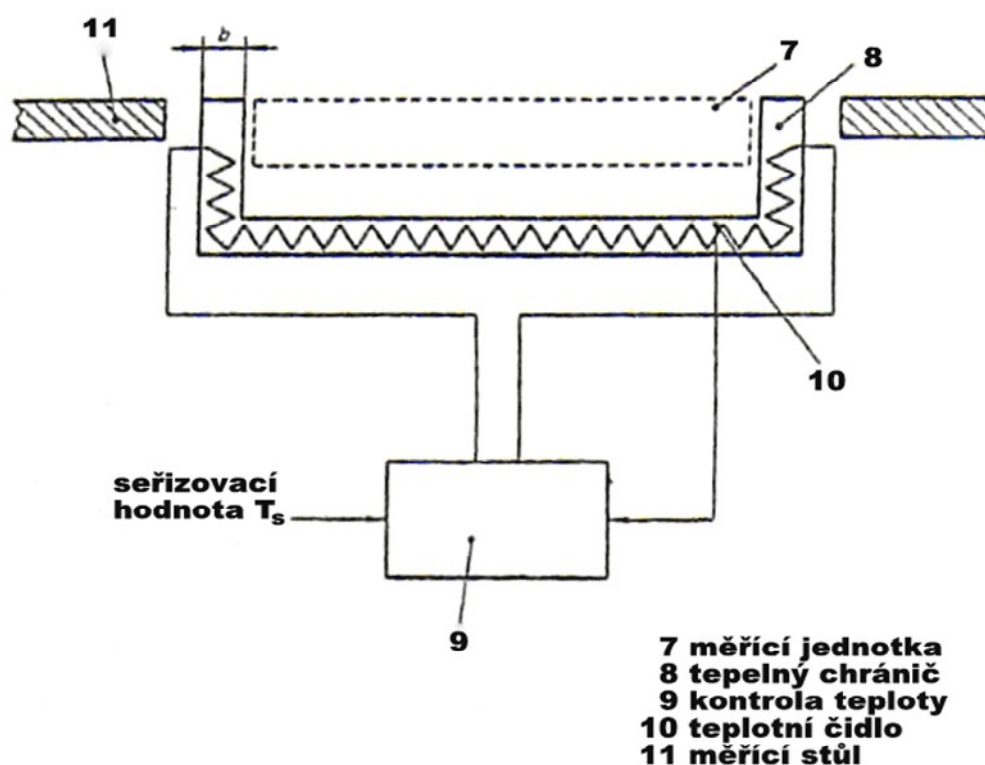
Jednotku tvoří kovová deska o tloušťce přibližně 3 mm a s minimální plochou 0,04 m<sup>2</sup>. Ta je připevněná ke kovovému vodivému bloku s elektrickým topným zařízením. Pro měření paropropustnosti je kovová deska pórovitá. Je obklopena tepelným chráničem, který je umístěn v otvoru v měřicím stole. Poloha měřicí jednotky musí být nastavitelná, aby povrch zkušebních vzorků umístěných na ní byl ve stejné rovině s měřicím stolem. Tepelné ztráty musí být minimalizovány. Regulátor teploty musí udržet povrchovou teplotu měřicí jednotky v konstantním rozmezí  $\pm 0,1$  K. [12]



Obr. č. 6: Měřicí jednotky s regulací teploty a přívodu vody. [12]

#### Tepelný chránič s kontrolou teploty

Tepelný chránič musí být vyroben z materiálu s velkou tepelnou vodivostí, nejlépe z kovu. K tomu musí být ještě elektricky vyhříván. Funkcí je zabránění úniku tepla ze stran a ze spodní části měřicí jednotky. Tloušťka musí být minimálně 15 mm. Mezera mezi vrchní stranou tepelného chrániče a kovovou destičkou měřicí jednotky nesmí být větší než 1,5 mm. Teplota tepelného chrániče je měřena čidlem, které je udržováno pomocí regulátoru na stejné teplotě jako měřicí jednotka a to v rozmezí  $\pm 0,1$  K. [12]



Obr. č. 7: Tepelný chránič s kontrolou teploty [12]

### 2.3.3. Zkušební prostor

Měřicí jednotka a tepelný chránič musí být zabudovány ve zkušebním prostoru, kvůli regulovatelnosti vlhkosti a okolního vzduchu. V přístroji musí teplota proudícího vzduchu proudit paralelně s povrchem. Nastavitelnost teploty vzduchu musí být s přesností  $\pm 0,1$  K po dobu zkoušky. Relativní vlhkost proudu vzduchu musí být během měření také regulována a to s přesností  $\pm 0,3$  % relativní vlhkosti vzduchu. [12]

### 2.3.4. Zkušební vzorky

Tloušťka materiálů  $\leq 5$  mm musí zakrýt celý povrch měřicí jednotky a tepelného chrániče. Z každého zkoušeného materiálu se musí vystříhnout a vyzkoušet nejméně tři vzorky, které musí být minimálně 12 hodin před měřením aklimatizovány. Materiály  $> 5$  mm vyžadují speciální postup, aby se zabránilo tepelným ztrátám a úniku vodních par z okrajů. V případě, že je tloušťka vzorku dvojnásobkem šířky tepelného chrániče, je nutné použití korekce. Odchylka od lineárního vztahu mezi tepelným odporem a tloušťkou vzorku může být stanovena a korigována faktorem:

$$\left[ 1 + \left( \frac{\Delta R_{ct}}{R_{ct \text{ namerena}}} \right) \right] \quad (16)$$

[12]

### 2.3.5. Tepelný odpor

Tepelný odpor  $R_{ct}$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] je rozdíl mezi dvěma povrchy materiálu rozdělený výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Suchý tepelný tok může být z jedné nebo z více vodivých, konvenčních a sálavých komponent. Jedná se o specifickou vlastnost plošných textilních útvarů nebo kompozitu, který určuje suchý tok tepla pro danou plochu v důsledku aplikovaného stacionárního gradientu teploty. Deska je zakrytá membránou, která propouští vodní páru, ale nepropouští vodu. Přiváděná voda musí být destilovaná, nejlépe dvakrát a před použitím převařená z důvodu, aby se v ní nevytvořily vzduchové bublinky. Odpor nezakryté desky rovnice 17.[12]

$$R_{ct} = \frac{(p_m - p_a)}{H - \Delta H_c} \cdot A \quad (17)$$

[12]

$p_m$  nasycený parciální tlak vodní páry ve vzduchu v Pa při teplotě  $T_a$ ,

$p_a$  parciální tlak páry ve vzduchu v Pa při teplotě  $T_a$ ,

$A$  plocha v  $\text{m}^2$

$H$  výhřevnost ve W,

$\Delta H_c$  korekce pro výhřevnost při měření  $R_{ct}$ .

### 2.3.6. Výparný odpor

Výparný odpor  $R_{et}$  [ $\text{m}^2\text{Pa/W}$ ] je rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu, který se dělí výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy po směru gradientu. Jedná se o výparný tepelný tok, který prochází plochou, odpovídající ustálenému použitému tlakovému gradientu páry. Pro měření výparného odporu se musí nad povrchem měřící jednotky připevnit celofánová membrána, která propouští vodní páru, ale nepropouští vodu. Teplota měřící jednotky se seřídí na  $35^\circ\text{C}$  při relativní vlhkosti 40%, při tomto měření je teplota vzduchu důležitým faktorem. Pokud se teplota vzduchu mění, zkoušku není možné dále použít. [12]

$$R_{et} = \frac{(p_m - p_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} - R_{et0} \quad (18)$$

[12]

$p_m$  nasycený parciální tlak vodní páry ve vzduchu v Pa při teplotě  $T_a$ ,

$p_a$  parciální tlak páry ve vzduchu v Pa při teplotě  $T_a$ ,

$A$  plocha v  $m^2$

$R_{et0}$  konstanta přístroje pro měření výparného odporu  $R_{et}$ ,

$H$  výhřevnost ve W,

$\Delta H_e$  korekce pro výhřevnost při měření  $R_{et}$ .

### 2.3.7. Index propustnosti vodních par

Index propustnosti vodních par  $i_{mt}$  [-] je poměr tepelného odporu a výparného odporu dle rovnice:

$$i_{mt} = S \cdot \frac{R_{ct}}{R_{et}} \quad (19)$$

[12]

$S=60$  Pa/K

$i_{mt}$  je bezrozměrný, hodnota 0 znamená, že materiál nepropouští vodní páru, tj. nekonečný výparný odpor, materiál s hodnotou 1 má tepelný odpor jako vrstva vzduchu shodné tloušťky.

### 2.3.8. Propustnost vodních par

Propustnost vodních par  $W_d$  [ $g/m^2 \cdot h \cdot Pa$ ] je vlastnost textilního materiálu nebo kompozitu závislá na výparném odporu a teplotě dle rovnice:

$$W_d = \frac{1}{R_{et} \cdot \Phi T_m} \quad (20)$$

[12]

$\Phi T_m$  je latentní teplo odpařování vody při teplotě měřící jednotky  $T_m$  [ $^{\circ}C$ ].

Zkoušený vzorek se umístí na horkou desku, která napodobuje procesy přenosu tepla a hmoty, ke kterým dochází u lidské kůže. Pro určení výparného odporu je elektricky vyhřívána porézní deska zakrytá membránou, propouštějící vodní páry, ale nepropouštějící vodu. Voda přiváděná k vyhřívané desce se odpařuje a prochází membránou ve formě páry, takže zkušební vzorek nepřijde s vodou do styku. U

zkoušeného vzorku umístěného na membráně je tepelný tok, nutný pro zachování teploty na desce mírou rychlosti vypařování vody, a z toho se stanoví výparný odpor. [12]

## **2.4. Oděv a jeho význam**

Oděv můžeme charakterizovat jako ochranu před povětrnostními vlivy, nebo jako prostředek k zahalování těch částí, které jsou považovány v určitých zemích za tabu. Základní funkcí oděvu byla od počátku funkce užitná, určovaná především přírodními podmínkami, které pak byly dalším východiskem pro rozvoj stříhových a charakteristických prvků a užívání určitých materiálů.

Vývoj oděvu a jeho znaky ovlivňoval i druh práce. Člověk si oděv různě přizpůsoboval tak, aby mu si usnadňoval pracovní úkony. U vyšších vrstev převládala funkce reprezentativní. Dnes oděv ovlivňují především:

### **Fyziologické aspekty a vnější prostředí**

- pohlaví, věk, zdravotní stav a aktivita člověka
- vnější podmínky prostředí, teplota a vlhkost vzduchu

### **Společenské aspekty**

- tradice a zvyklosti, móda, životní úroveň nositele [13]

#### **2.4.1. Oděvní materiály**

Aby mohly být textilie používány jako oděvní materiály, musí vyhovovat požadavkům, kladeným na ně během užívání. Nezbytnou podmínkou v uplatnění oděvních textilií jsou jejich vlastnosti, které umožňují jejich zpracování v oděvním průmyslu. Oděvní textilie musí mít vyhovující užitné a zpracovatelské vlastnosti.

Užitné vlastnosti jsou především z hlediska spotřebitele během užívání oděvu. Patří mezi ně trvanlivost, estetické vlastnosti, fyziologické vlastnosti, možnost údržby a ostatní vlastnosti. [13]

## **Trvanlivost**

Trvanlivostí textilií můžeme charakterizovat jako schopnost odolávat poškození a opotřebení. Oděvy zhotovené z textilií jsou během používání pod různými vlivy jako ohýbání, natahování, stlačování, odírání, dále na ně působí světlo, teplo, pot apod. Tyto vlivy působí nejen během nošení, ale i při samotné údržbě oděvů, to znamená praní, čištění, kartáčování, atd. Mezi vybrané vlastnosti se řadí: pevnost v tahu a tažnost textilií, pevnost a tažnost švů, odolnost proti posuvu nití ve švu, odolnost v oděru a v ploše. [13]

## **Estetické vlastnosti**

Estetické vlastnosti oděvních textilií ovlivňují vzhled oděvů, některé požadavky na estetické vlastnosti jsou určovány módou. Estetické vlastnosti jsou dány druhem oděvního materiálu, a jeho typickými parametry, materiálovým složením, použitými přízemí, vazbou a úpravou. Mezi vybrané vlastnosti počítáme: stálobarevnost, lesk-mat, splývavost-tuhost, mačkavost, žmolkovitost, zátrhavost. Významně se podílí i zbarvení. [13]

## **Fyziologické vlastnosti**

Základní fyziologické vlastnosti hrají velký význam pro hodnocení hygieničnosti oděvu. Prodyšnost, savost, nasákavost, vysychavost, propustnost vodních par a tepelně izolační vlastnosti mají velký význam pro mikroklima, které podmiňuje subjektivní pocity člověka. Určují, zda oděv bude hřejivý nebo chladivý, zda bude dobře odvádět pot, apod. [13]

## **Možnost údržby**

Jednou z nejdůležitějších vlastností z pohledu možnosti údržby je srážlivost materiálů. Vlastnosti při praní, chemickém čištění, žehlení. Důležitá je i stálobarevnost při praní nebo chemickém čištění. Pokud jsou v oděvu kombinovány světlejší a tmavší barvy textilií, nesmí dojít k jejich zapouštění. U oděvních výrobků zhotovených z více materiálů musí být zvolen způsob údržby s ohledem na nejcitlivější z vystavených

materiálů. Na každém oděvním výrobku musí být možnost údržby, zobrazena dle piktogramů symbolů údržby. [13]

### Ostatní vlastnosti

Klienti mohou vyžadovat zvláštní požadavky, s ohledem na jejich použití. Např.: u oblečení do deště je tomu nepromokavost., z hlediska ochrany tuto funkci mohou plnit i různé výztuže na citlivých místech (lokty, ramena, bedra), pro dřevorubce kalhoty s ochranou proti proříznutí pilou (stehna) atd. [13]

#### 2.4.2. Přehled mechanických a kontaktních vlastností textilních výrobků

Při manuálním hodnocení nakupované textilie v prodejně zákazník vnímá především následující charakteristiky, související s omakem seřazené dle pořadí při hodnocení. [3]

1. koeficient tření	$f_s$	[-]
2. drsnost povrchu	$D_f$	[-]
3. tloušťka (souvisí s plošnou hmotností)	$h$	[mm]
4. stlačitelnost (plnost)	$S$	[-]
5. tepelná jímavost (tepelný omak)	$b$	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \cdot s^{-1/2}]$
6. roztažnost	$\varepsilon$	[%]
7. ohybová tuhost (v jednotkách KES)	$B$	$[10^{-7}Nm^{-2}]$
8. smyková tuhost (v jednotkách KES)	$G$	$[g \cdot m^{-2}]$

Tab. č. 1: Přehled mechanických a kontaktních vlastností textilních výrobků. [3]

## 2.5. Lidská kůže

Pokožku (epidermis) tvoří vrstvy buněk, které jsou ve vrchních vrstvách zrohovatělé. Vrchní vrstva se na povrchu neustále olupuje a je trvale doplňována buňkami ze spodnějších vrstev. Tato vrstva se skládá z buněk, které se dělí a vytlačují starší buňky na povrch, kde se zplošťují a za okolních vlivů rohovatí a odumírají.

Vrstva buněk bazální zóny obstarává co nejpevnější spojení pokožky se škárou tak, aby při mechanických vlivech bylo zabráněno jejímu stržení. V hlubších vrstvách buněk je obsazeno kožní barvivo (melanin), které chrání hlouběji uložené buňky před škodlivým ultrafialovým zářením. Buňky mají tvar šestiúhelníku a překrývají se svými okraji. Síla rohové vrstvy je na různých částech kožního povrchu různá. Tenká je nad ohybech kloubů, na břichu a sotva znatelná na očních víčkách. Naopak na dlaních a na chodidlech je neobyčejně silná, tak silná, že kůže se zbarvuje dožluta a vytváří otlaky a mozoly. [6]

### 2.5.1. Potní žlázy

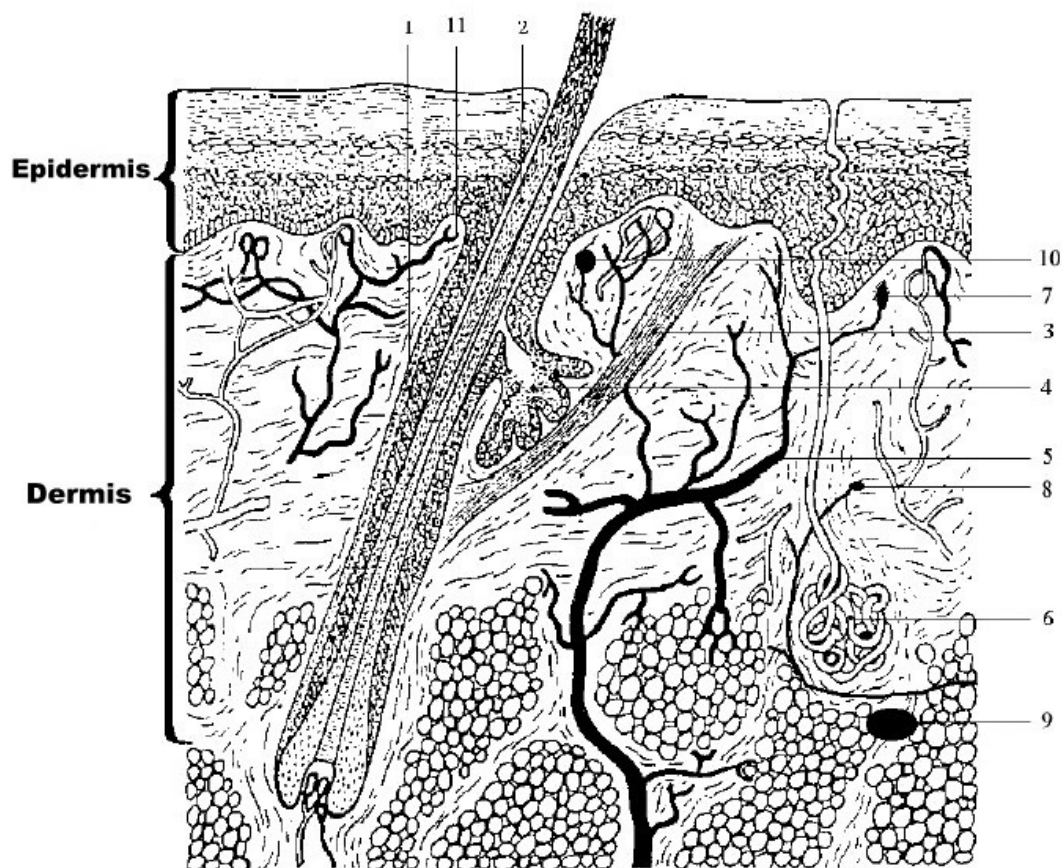
Potní žlázy jsou u člověka skoro všude. Jejich počet je kolem 2 milionů. Nejvíce je jich na dlaních a na chodidlech. V podpaží se jejich počet nemění, rozdíl tvoří pouze jejich průměry, ty jsou zde dvojnásobné (0,3 až 0,5 mm). [3]

Skládají se z sekreторické části stočené v klubičko, a z části vývodní, která ústí samostatným vývodem v potním póru. Klubičko je velmi hluboko v kůži, a to ve spodních vrstvách škáry, nebo až v podkoží.

Pot se vyprazdňuje vývodem probíhajícím škárou a končícím kanálkem, který provrtává pokožku. Pot se tvoří z tkáňového moku. Při zvýšení průtoku krve vlásečnicemi jsou více prokrveny žlázové buňky. Prosakuje jimi větší množství plazmy do tkáňové tekutiny, a z této tekutiny se tvoří v potních žlázách pot. Pot má většinou kyselou reakci, obsahuje 98,5 % až 99 % vody, 0,6 % NaCl a organické látky (močovinu, mastné kyseliny, aminokyseliny ad.). [6]

Potní žlázy vyplavují pot skrz vnější rohovou vrstvu, která má velký povrch. Odpar z této vrstvy je až pětinasobně vyšší než ze stejné rovinné plochy. [3]





Obr. č. 8: Řez lidské kůže. [6]

1 – Vlasové pouzdro 2 – Vlas 3 – Hladké svalstvo 4 – Tuková žláza 5 – Kožní céva  
6 – Potní žláza 7 – Kožní receptory 8 – Tepelný receptor (vyšších teplot) 9 – Senzor tlaku 10 – Chladový receptor 11 – Volná nervová zakončení

### 2.5.2. Komfort receptorů

V řezu lidskou pokožkou jsou snímače pro tlak a bolest, ale nejsou zde žádné snímače vlhkosti. Tu pocítujeme jako místa s jiným tlakem a teplotou. Pro teplo a chlad zaznamenáváme, jako dva samostatné receptory a to tepelné a chladové. Tepelné receptory vnímají vzestup teploty nad normální úroveň řádově, oblast teplot 38° až 43°C, nebo chladové receptory v oblasti pod 35°C. Nejvíce termoreceptorů je v kůži obličeje a na hřbetu ruky, nejméně v kůži zad. [3]

### **2.5.3.Negativní vliv pocení (odparem potu)**

Negativní jevy teplotního a především vlhkostního diskomfortu nastávají při nedostatečné propustnosti tepla a vodních par a při nedostatečné prodyšnosti. [3]

Tento negativní jev můžeme rozlišit na diskomfort spojený s podnebím a profesí.

- Situace je častá v tzv. „Monzunové oblasti“, kde je velký vliv tepla a vlhkosti. Nositel je vystaven vlastním tekutinám (pot), které nejsou schopny odparu do okolí.
- Profesní diskomfort je spojen s vykonáním typické práce jakou jsou např.: ozbrojené složky používající neprůstřelné vesty, hasiči, chemické jednotky používající speciální oblečení, a vojáci ve zmíněných Monzunových oblastech.

## **2.6. Komfort**

Komfort je stav organismu, kdy jsou fyziologické funkce v optimu. Okolí včetně oděvu nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané našimi smysly. Subjektivně je tento pocit brán jako pocit pohody. Nepřevládá ani pocit tepla ani chladu, je možné v tomto stavu dlouho setrvat a pracovat.

Komfort je vnímán všemi lidskými smyly kromě chuti, v následujícím pořadí podle důležitosti: hmat, zrak, sluch, čich.

Při diskomfortu mohou nastat pocity tepla nebo chladu. Pocity tepla se dostavují při větším pracovním zatížení nebo při působení teplého a vlhkého klimatu. Pocity chladu se dostavují především jako reakce na nízkou teplotu klimatu nebo na nízké pracovní zatížení. [3]

Komfort lze zjednodušeně definovat jako absenci znepokojujících a bolestivých vjemů.

### **Komfort dělíme**

- Psychologický
- Senzorický
- Patofyziologický
- Termofyziologický [3]

## **Rozdělení psychologického komfortu podle různých hledisek**

### **Klimatická hlediska:**

Typické oblečení denní potřeby by mělo v první řadě respektovat tepelně – klimatické podmínky, které jsou podmíněny geograficky (sledování u zvířat prokázalo, že směrem k pólům velikost jedince roste a zmenšují se vyčnívající části těla – nadále roste poměr objemu těla k povrchu). Jako přirozená ochrana proti zvýšenému UV záření v tropech se vytvořil kožní pigment. Oděv vhodný pro dané podmínky se stává normou. [3]

### **Ekonomická hlediska:**

Zahrnují přírodní podmínky obživy, výrobní prostředky politický systém, úroveň technologie apod.

### **Historická hlediska:**

Lidé mají sklon k výrobkům vyrobeným z přírodních materiálů, k výrobkům napodobujících přírodu, k výrobkům přírodní vůně. Vzniká tradice v životním stylu a módě. [5]

### **Kulturní hlediska:**

Můžeme mezi ně uvést zvyky, tradice, obřady, náboženství (v zemích islámu jsou ženy někdy zcela zakryté oděvem, ten chrání pokožku před negativními účinky UV záření).

### **Sociální hlediska:**

Věk, vzdělání a kvalifikace, sociální třída, postavení nebo pozice v této třídě. Psychologický komfort vysokého postavení v příslušné třídě demonstrováný odlišným oděvem může kompenzovat nízkou úroveň termofyziologického komfortu. [3]

### **Skupinová a individuální hlediska:**

Patří do oboru oděvního návrhářství a zahrnují módní vlivy, styl, barvy a lesk, trendy, osobní preference.

### **Sensorický komfort**

Sensorický komfort zahrnuje vjemy a pocity člověka při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu. Pocity vznikající při styku pokožky a textilie mohou být příjemné, jako pocit měkkosti, splývavosti, nebo naopak nepříjemné a dráždivé, jako je tlak, pocit vlhkosti, škrábání, kousání, píchání, lepení apod. Sensorický komfort lze rozdělit na komfort nošení a na omak.

### **Komfort nošení oděvů zahrnuje:**

- povrchovou strukturu použitých textilií,
- vybrané mechanické vlastnosti ovlivňujícími rozložení sil a tlaků v oděvním systému,
- schopnost textilií absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost s dopadem na své kontaktní vlastnosti.

Omak je veličina značně subjektivní, a špatně reprodukovatelná založená na vjemech prostřednictvím prstů a dlaně.

### **Patofyziologický komfort**

Pocit při nošení oděvních textilií je ovlivněn také působením patofyziologicko-toxických vlivů. Jedná se o působení chemických substancí obsažených v materiálu, ze kterého je oděv vyroben a mikroorganismů, které se vyskytují na lidské pokožce. Působení patofyziologických vlivů je závislé na odolnosti lidské pokožky proti účinkům chemických látek, obsažených v textiliích a v mikroklimatu omezeném povrchem lidského těla a textilií. Působení oděvu na pokožku může vyvolat dermatózu tj. kožní onemocnění.

### **Dermatóza může být způsobena:**

- **drážděním**, to je fyzikálně – chemický jev, který je možno vyvolat u každého člověka. Látky, které vyvolávají podráždění jsou: soli, organická rozpouštědla, syntetické prací prostředky atd.
- **alergií**, to je individuální imunologický jev, který zapříčiní kontakt s alergenem. Klinicky vzniká ekzém. Látky působící jako alergenys jsou: některá barviva, prací prostředky, desinfekční prostředky atd.

Proti působení mikroorganismů na oděvní výrobky se používají různé chemické úpravy plošných textilií nebo vláken. V poslední době je v oblibě aplikace stříbrných nanočástic vkládaných do výchozího polymeru. Chemickou a biologickou nezávadnost textilního výrobku lze certifikovat pomocí normy ISO 14000. [3]

### **Termofyziologický komfort**

Termofyziologický komfort je stav tepelné pohody při normálním prokrvení organismu, kdy nedochází k pocení, ani nenastává pocit chladu. Je to stav fyziologický, psychologický a fyzikální harmonie mezi člověkem a okolím.

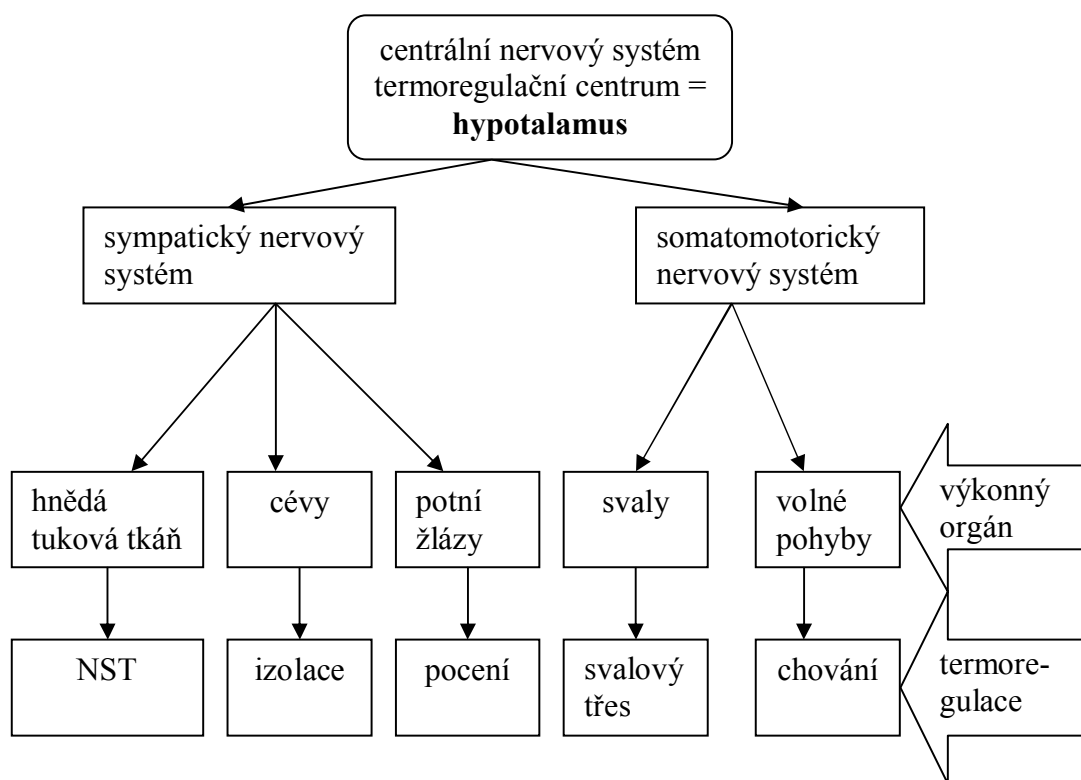
### **Termofyziologický komfort nastává za těchto optimálních podmínek:**

- teplota pokožka 33 - 35°C
- relativní vlhkost vzduchu  $50 \pm 10 \%$
- obsah CO<sub>2</sub>, 0,07 %
- rychlost proudění vzduchu  $25 \pm 10 \text{ cm.s}^{-1}$
- nepřítomnost vody na pokožce [3]

### 2.6.1. Termoregulace

Termoregulací je schopnost lidského organismu udržovat stálou tělesnou teplotu, ačkoli produkce tepla, jeho příjem i ztráty, nepřetržitě kolísají. Organismus představuje samoregulační systém, kde je fyziologický mechanismus zaměřen na udržení stálosti vnitřního prostředí, a na tomto principu vyrovnává bilanci mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a množstvím tepla odevzdaného do okolního prostředí.

Člověk si různými termoregulačními mechanismy udržuje stálou teplotu vnitřního prostředí, ta kolísá v rozmezí  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  okolo průměrné hodnoty  $36 - 37^{\circ}\text{C}$ . Kolísání je způsobeno vnitřními i vnějšími vlivy. [3]



Obr. č. 9: Termoregulační systém lidského těla. [3]

**Termoregulace** je proces, který slučuje fyziologické pochody řízené centrálním nervovým systémem, ten udržuje tělesnou teplotu na optimální hodnotě, při které probíhají metabolické přeměny. Od toho se odvíjí termoregulace dvojího druhu:

- chemická termoregulace představuje látkovou přeměnu, intenzitu chemických reakcí a tvorba tepla,
- fyzikální termoregulace zahrnuje podíly jednotlivých odvodů tepla z organismu, tedy tvorbu a výdej tepla. [3]

### 2.6.2.Odvod tepla mezi člověkem a okolím

Energie, která se nespotřebuje při bazálním metabolismu se prakticky přemění na tepelnou. Teplo se přenáší mezi živými organismy kondukcí (vedením), konvekcí (prouděním), radiací (zářením), evaporací (odpařováním) a respirací (dýcháním). Přenosem tepla dochází k předávání tepla z místa s vyšší teplotou do místa s nižší teplotou. Teplotní rozdíl je přitom nezbytnou podmínkou. [3]

#### Konduktce

Přenos tepla kondukcí (vedením) nastává, je-li naše pokožka v přímém kontaktu s chladnějším prostředím. Například přenos tepla chodidel, které jsou v kontaktu s podlahou. Tímto způsobem ztrácíme až 5 % tepla. [3]

Teplo se přenáší dle Fourierova zákona.

$$Q = \lambda \cdot \frac{\Delta T}{\delta} \cdot S \cdot \tau \quad (21)$$

Q Množství tepla [J], které projde plochou S [m<sup>2</sup>] za dobu  $\tau$  [s]

$\lambda$  Součinitel tepelné vodivosti [W/m<sup>2</sup>K]

$\Delta T$  Rozdíl teplot [K]

$\delta$  Tloušťka vrstev oděvu [m]

[6]

### Tepelná vodivost

Tepelná vodivost je odlišná u různých druhů materiálů. Klidný vzduch při teplotě 20°C má tepelnou vodivost 0,026 W/m.K. Tepelná vodivost vody je cca 25x vyšší, tedy 0,6 W/m.K. Pokud tělo pokrývá vlhký materiál, ztrácí tělo rychleji teplo a tento stav je nežádoucí.

Důležitým vztahem při hodnocení tepelného komfortu je **tepelný odpor**. Platí, že čím má textilie větší tloušťku, tím je schopna udržet více tepla, má vyšší tepelný odpor. Pokud je člověk oblečen do více vrstev textilií, musíme jednotlivé tepelné odpory vrstev sčítat, a to i vzduchové vrstvy. Pro tepelný odpor platí vztah:

$$R = \frac{h}{\lambda} [m^2 * K / W] \quad (22)$$

$h$  ...tloušťka [mm]

$\lambda$  ...měrná tepelná vodivost [W/m\*K]

Pro celkový tepelný odpor platí:

$$R_{CL} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (23)$$

### Konvekce

Konvekce (přenos tepla prouděním) je pohyb částic tekutin o určité rychlosti v [m/s] kolem těla. Mezi objektem a prostředím se vytvoří tepelná mezní vrstva o určité tloušťce. U přenosu tepla prouděním se rozlišují dva typy proudění. [3]

- **Turbulentní** proudění se charakterizuje různou trajektorií drah částic tekutin. Mezní vrstva je slabší a přenos tepla výrazně vyšší. Turbulentní proudění nastává v okamžiku, kdy bezrozměrné Reynoldsovo číslo  $Re$  převyšuje hodnotu 2300.



- **Laminární** proudění vychází naopak z pohybu částic v urovnaném systému, jednotlivé dráhy zachovávají svůj původní směr a nemísí se. Tloušťka mezní vrstvy je vyšší, přenos tepla proto není výrazný.

$$Re = vd / \nu \quad (24)$$

d...rozměr objektu [m]

$\nu$ ...dynamická viskozita tekutiny [ $m^2/s$ ]

Pro oba typy může být použit Newtonův zákon tepelného toku q:

$$q = \alpha_c (t_1 - t_2) \quad (25)$$

$\alpha_c$ ...koeficient přenosu tepla [ $W/m^2K$ ]

$t_1$ ...teplota pokožky [ $^{\circ}C$ ]

$t_2$ ...teplota okolí [ $^{\circ}C$ ]

Proudění můžeme rozdělit na přirozené a nucené, koeficient přestupu tepla  $\alpha_c$  se mění podle těchto kritérií:

$$\alpha = 2,38(t_{skin} - t_{air})^{0,25} \quad \text{volná konvekce} \quad (26)$$

$$\alpha = 3,5 + 5,2\nu \quad \text{pro nucené proudění}$$

$$\alpha = 8,7\nu^{0,6} \quad \text{při vyšších rychlostech proudění}$$

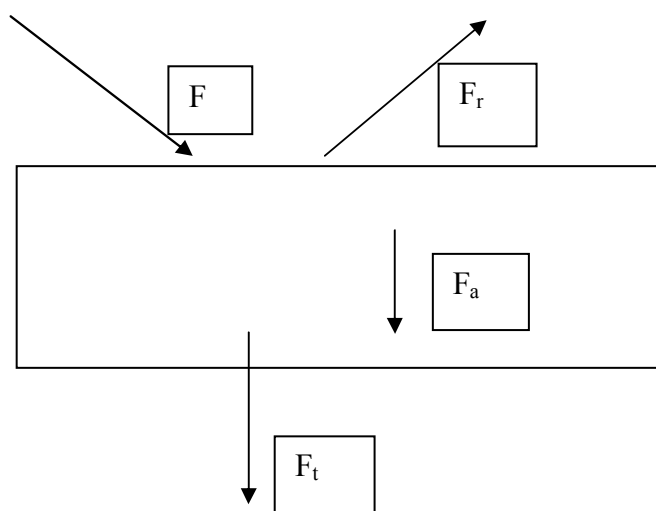
[3]

### **Radiace**

Radiace (přenos zářením). Jde o elektromagnetické vlnění, které se šíří prostorem o rychlosti  $c = 300\,000\,m/s$ . Záření má vlnový charakter o délce vlny  $\lambda$ , ke které se přiřadí frekvence  $f$  dle vztahu:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (27)$$

Rozlišujeme několik typů záření lišících se od sebe vlnovou délkou. Nejkratší vlnovou délkou má gama záření, dále rentgenové záření, extrémní ultrafialové, ultrafialové, optické, infračervené, submilimetrové, mikrovlnné a radiové. Při dopadu záření na povrch může za jistých podmínek dojít k odrazu záření, k pohlcení, nebo k průchodu záření skrz objekt. [3]



Obr. č. 10: Model rozptylu záření po dopadu na objekt [3]

**Reflektance**  $E_r$  udává poměr mezi množstvím odraženého světla od objektu k celkovému množství světla dopadajícího na objekt. V případě, že by bylo rovno 1, znamenalo by to, že dopadající světlo je v celkovém množství odraženo. Jednalo by se o dokonale lesklé těleso.

**Absorbance**  $E_a$  udává poměr množství světla absorbovaného v objektu k celkovému množství světla, které dopadá na objekt. V případě rovnosti 1 by se jednalo o dokonale černé těleso.

**Transmittance**  $E_t$  udává poměr mezi množstvím procházejícího světla ku dopadajícímu. Pokud by dopadající množství celkově prošlo předmětem, bylo by rovno 1. V tomto případě by šlo o dokonale transparentní těleso, které veškerou energii propouští.

Hodnoty rovné 1 jsou extrémní a zároveň v praxi téměř nemožné, jedná se pouze o lepší představivost ve výpočtech. Pro tyto tři situace platí vztah podle Kirchhoffova zákona:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (28)$$

$\rho$  ...reflaktance

$\alpha$  ...absorbance

$\tau$  ...transmitance

### Evaporace

Evaporace (sdílení tepla odpařováním) je množství tepla, které odchází z povrchu kůže neznatelným pocením (odparem potu). Je závislé na rozdílu parciálních tlaků vodních par a na výparném skupenském teple.

Tepelné ztráty odpařováním vlhkosti z povrchu pokožky.

$$\dot{Q}_{od} = 3,06 \cdot 10^{-3} S (256 t_{kuze} - 3360 - p_a) \quad (29)$$

$\dot{Q}_{od}$  Množství tepelného toku sdíleného odpařováním [W]

$p_a$  Parciální tlak par v okolním vzduchu [Pa]

$t_{kuze}$  Teplota kůže [°C]

$S$  Plocha [m<sup>2</sup>]

Tepelné ztráty odpařováním vlhkosti z horních cest dýchacích.

$$\dot{Q}_{odc} = 14,9 \cdot 10^{-6} \dot{Q}_{tt} (5880 - p_a) \quad (30)$$

$\dot{Q}_{odc}$  Množství tepla sdíleného odpařováním z horních cest dýchacích [W]

$p_a$  Parciální tlak par v okolním vzduchu [Pa]

$\dot{Q}_{tt}$  Tvorba tepla organismem [W]

[6]

## Respirace

Respirace je odvod tepla dýchacími cestami a množství je dáno rozdílem vodních par vdechovaných a vydechovaných. [6]

$$Q_{ov} = 0,0012 \cdot Q_{ev} (t_{str} - t_v) \quad (31)$$

$Q_{ov}$  Tepelné ztráty na ohřev vdechnutého vzduchu [W]

$t_v$  Teplota okolního vzduchu [°C]

$t_{str}$  Průměrná teplota vydechovaného vzduchu [34°C]

[6]

### 2.6.3. Odvod vlhkosti z lidského těla

Odvod vlhkosti z lidského těla může být ve formě plynné, nebo ve formě kapalně. Při pocení produkuje lidské tělo vodu (pot). Při jeho odpařování vznikne ochlazovací efekt. Transport vlhkosti se řídí:

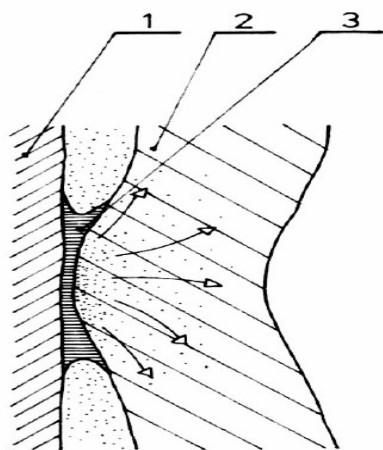
- difúzním odvodem,
- kapilárním odvodem,
- sorpcí.

#### Difúze

Prostup vlhkosti z povrchu přes textilii je učiněn pomocí pórů. Difuzní odpor jednotlivých oděvních vrstev různých kvalit a druhů se sčítá, při všem má velkou roli i odpor vzduchových mezivrstev. Otevřené materiály mají díky větší porozitě vyšší propustnost vodní páry, a proto jsou pleteniny propustnější než tkaniny. [3]

### Kapilární odvod vlhkosti

Kapalný pot zůstává na kůži a je v kontaktu s první textilní vrstvou a vzlíná skrz kapilární cesty všemi směry. Jde o knotový efekt. [3]



- 1 - Pokožka,
- 2 - textilní vrstva,
- 3 - kapalný pot.

Obr. č. 11: Kapilární odvod vlhkosti.

[6]

### Sorpce

Vlhkost nebo kapalný pot proniká nejprve do mezimolekulárních oblastí vlákna, a poté dochází k navázání na hydrofilní skupiny v molekulové struktuře. Proces sorpce je nejpomalejší. Všechny tři mechanismy se na transportu vlhkosti zúčastňují současně. Nejrychlejší je mechanismus transportu kapilární a difúzní, nejpomalejší je sorpční transport. [3]

Hydrofilní skupiny jsou schopny vázat a transportovat vodu. Patří k nim vlákna přírodní a chemická obsahující hydrofilní skupiny. Opakem je hydrofobní skupina, která se nesmáčí, voda je v těchto vláknech šířena kapilárně. [14]

## 2.7. Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort poskytnutý oděvem můžeme hodnotit buď pomocí přístrojů, přesně charakterizující příslušný fyzikální děj, ale bez přímého vztahu k podmínkám platícím v systému pokožka – oděv – prostředí, a nebo lze přenos tepla a vlhkosti měřit za podmínek blízkých fyziologickému režimu lidského těla. Ten v posledních letech převažuje, protože umožňuje hodnotit termofyziologický komfort přesněji než metoda první.

Termofyziologický komfort oděvů (textilií) lze zjednodušeně charakterizovat pomocí dvou základních parametrů:

- tepelného odporu,
- výparného odporu.

Výparný odpor má důležitou úlohu při ochlazování těla odpařováním potu z povrchu pokožky. Úroveň ochlazování je závislá především na rozdílu parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a ve vnějším prostředí, a také na propustnosti oděvní soustavy pro vodní páry. Výparný odpor charakterizuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu. [3]

### 2.7.1. Termofyziologický komfort vzorec

$$TK_T = \alpha_1 i_{mt} + \alpha_2 F_i + \alpha_3 K_d + \alpha_4 \beta_T + \alpha_5 K_f + \beta \quad (32)$$

$i_{mt}$	index prostupu vodních par
$F_i$	schopnost krátkodobého přijímání par [%]
$K_d$	hodnota vyrovnávání vlhkosti
$\beta_T$	hodnota vyrovnávání teploty [K.min <sup>-1</sup> ]
$K_f$	pufrační veličina
Konstanty:	$\alpha_1 = -5,640$ $\alpha_2 = -0,375$ $\alpha_3 = -1,587$ $\alpha_4 = -4,512$ $\alpha_5 = -4,532$ $\beta = 11,553$

[3]

### 3. PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této diplomové práce je věnována měření relativního chladicího toku na přístroji PERMETEST, který byl popsán výše. Zjištěné údaje jsou zaznamenány v grafech a v tabulkách. V závěrečné části je porovnáno praktické měření s teoretickým modelem.

#### 3.1. Použitý materiál

##### Polyesterová vlákna

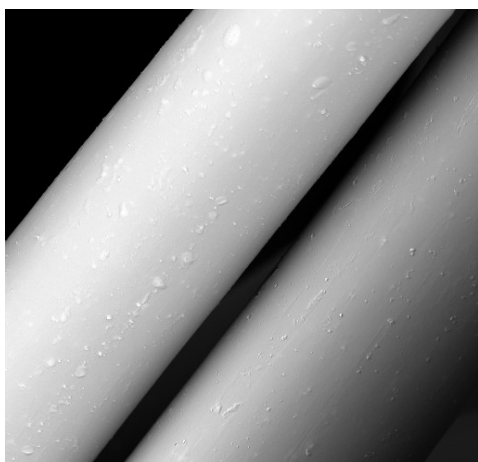
Polyesterová vlákna mají výsadní postavení mezi syntetickými vlákny. Mají zkratku PL.

Užité vlastnosti:

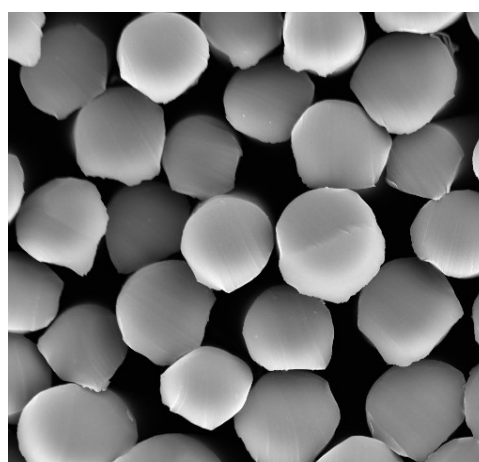
Předností je velká pevnost za sucha i za mokra, vysoká pružnost, objemnost, dobrá odolnost vůči chemikáliím, špatně se barví, fibriluje (rozvlákňování) a následně se žmolkuje, jednoduchá údržba. Teplota tání 256°C, tepelná odolnost výrobků 180-200°C, hustota 1360 kg/m<sup>3</sup>.

Údržba: praní, čištění, žehlení na 150°C.

Použití: Jako 100% vlákno či ve směsích prakticky do všech typů textilních a technických výrobků, pouze s výjimkou podšívkovin a punčoch. Často se směsuje s jinými vlákny, např. PL/WO (Tasil). PL vlákno lze modifikovat dle použití. [15,16]



Obr. č. 12: Podélný směr – polyester.



Obr. č. 13: Příčný řez – polyester.

[17]

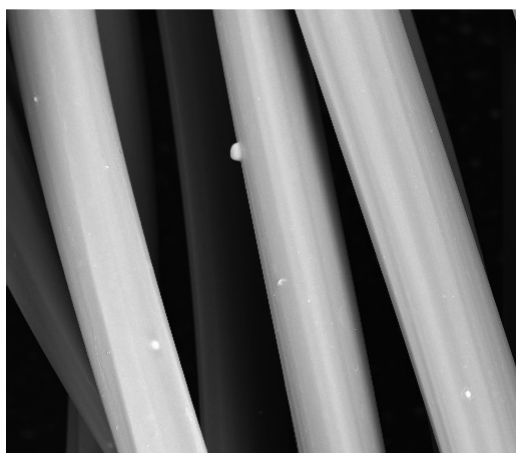


## Polypropylenová vlákna

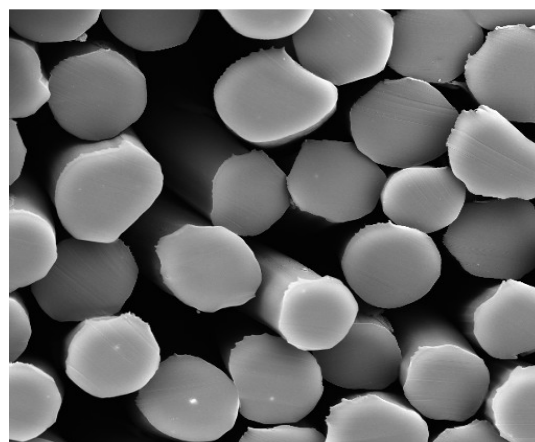
Polypropylen je nejlevnější chemické vlákno, má velmi širokou oblast použití. Vyrábí se zvlákněním z taveniny, poté se dluží. Zkratka PP.

Užité vlastnosti:

Velmi nízká navlhavost, výborná odolnost vůči chemikáliím, odolnost v oděru, trvanlivost, snadná tvarovatelnost, malá zotavovací schopnost, malá odolnost vůči UV záření, vysoká pevnost. [16,18]



Obr. č. 14: Podélný směr – polypropylen.



Obr. č. 15: Příčný řez – polypropylen.

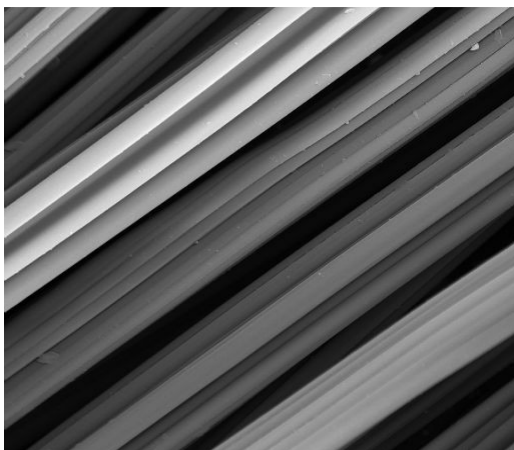
[18]

## Viskózová vlákna

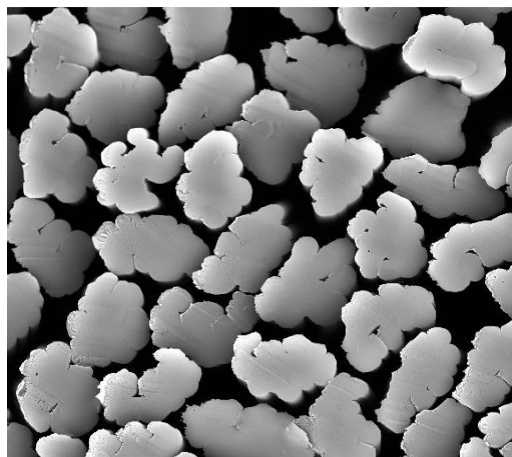
Viskózová vlákna jsou vyráběna z regenerované celulózy a to rozpouštěním dřevoviny (z roztoku dřevoviny) už od 50. let 19.století. Zvláknění regenerované celulózy do kyselé lázně, kde se utváří struktura vlákna. Vlákně se sráží v kyselé lázni a dostává charakteristický obláčkovitý tvar v řezu. Zkratka VI.

Užité vlastnosti:

Vysoká sorpce, vysoká mačkavost, výrazně snížená pevnost vlákna za mokra, vysoká sráživost, chladivý omak, špinavost. [19]



Obr. č. 16: Podélný směr – viskóza.



Obr. č. 17: Příčný řez – viskóza.

[19]

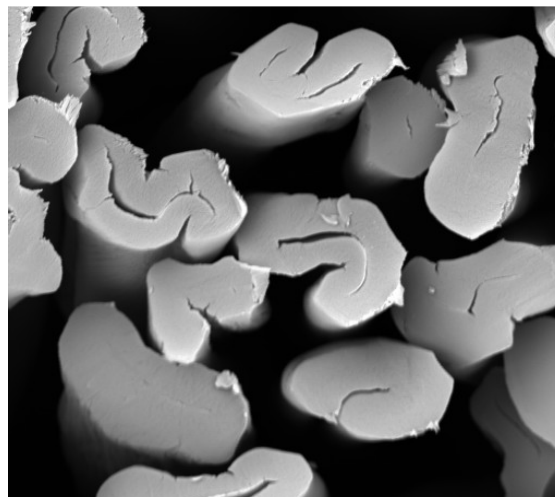
### Bavlněná vlákna

Přírodní vlákna získávaná z keřovité rostliny, na které se po odkvětu vytváří tobolky se semeny. Bavlna je velmi jemné vlákno, příjemné na omak, bílé barvy, přes slabě žlutou až do šedé. Zkratka CO.

U bavlny rozlišujeme zralost vláken, na zralé (naps) a nezralé (neps). Zralost se pohybuje mezi 70 – 86 %. Nepsi jsou malé shluky nezralých vláken, které vzniknou při vyzrání. Nedají se rozvláknit a dostávají se až do příze. Jsou obtížně barvitelná a mají sníženou pevnost. Naopak naps je rozvláknitelný v předpřádacím procesu.



Obr. č. 18: Podélný směr – bavlna.



Obr. č. 19: Příčný řez – bavlna.

[20]

Užitné vlastnosti:

Jemný omak, dobrá sorpce vlhkosti – zejména potu. Částečně hřejivá při náhlém zavlhčení – sorpční teplo. Směsi do tkanin bavlna/polyester a bavlna/viskóza. [16]

### 3.2. Vzorky

Měřené vzorky jsou v základních vazbách a to v plátňové, keprové a atlasové vazbě. Jedná se o 100% materiály podobné plošné hmotnosti cca 200 g/m<sup>2</sup>. Z testovaných textilií byly odstříhnuty vzorky o velikosti cca 160 mm x 160 mm. Tato velikost je zapotřebí k měření na zvoleném přístroji. Přestože je přístroj nedestrukční, byly vzorky zmenšeny kvůli samotné manipulaci a potřebě hmotnostního přívažku.



#### Plátňová vazba

Je nejjednodušší a nejhustěji provázaná vazba. Je nejpevnější a nejtrvanlivější. Střidu vazby tvoří dvě osnovní a dvě útkové nitě. Typické je pravidelné střídání osnovních a útkových vazných bodů.

Použití plátňových vazeb je velmi časté pro košiloviny, letní dámské šatovky, kapesníky, ložní a stolní prádlo, dekorační tkaniny, technické tkaniny, mul, sukno, popelín, taft, aj.

#### Keprová vazba

Keprové vazby jsou buď útkové nebo osnovní, jsou charakteristické šikmým úhlopříčným řádkováním levého nebo pravého směru. Nejmenší střída vazby je 3 x 3. Směr řádkování se značí buď písmeny a nebo šipkou.

Pravý směr řádků písmenem „Z“, nebo   
Levý směr řádků písmenem „S“, nebo 

Použití keprových vazeb je opět velmi časté. Známa je džínsovina (denim), podšívkoviny ze syntetického hedvábí, keprové tkaniny na pracovní oděvy, barchet, flanel, flauš, na zimní pláštěviny gabardén aj.

### **Atlasová vazba**

Atlasové vazby jsou buď osnovní nebo útkové, vyznačují se leskem, který je způsobený vazbou. Mají nevýrazné šikmé řádkování. Vazné body jsou rozsazeny tak, aby se vzájemně nedotýkaly. Je zde tzv. postupné číslo, které určuje na kolikáté osnovní niti je v následujícím řádku další vazný bod. Nejmenší střída vazby je 5 x 5.

Použití atlasových vazeb je typické díky lesklosti v oblasti dámských společenských tkanin satén, brokát, stuhy atlasky, podšívkoviny, ložní i stolní prádlo. [21]

V praktické části této diplomové práce bylo na Katedře hodnocení textilií na Technické univerzitě v Liberci změřeno 30 vzorků každé měření proběhlo 5x. Hodnoty byly naměřeny na přístroji Permetest za sucha a za tří úrovní vlhkosti 25 %, 50 %, 75 %, a to jak s nepropustnou fólií, tak bez ní.

### **Popis vzorků**

Materiál	Vazba	Dostava [os/ut na cm]	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
PP	Atlas 5/1	36/14	270
PP	Atlas 5/1	36/11	260
PP	Atlas 5/1	36/17	300
PP	Plátno	18/13	195
PP	Plátno	18/11	175
PP	Plátno	18/15	200
PP	Kepr 3/1	27/9	188
PP	Kepr 3/1	27/12	225
PP	Kepr 3/1	27/15	230
VI	Atlas 5/1	36/16	230
VI	Atlas 5/1	36/19	250
VI	Atlas 5/1	36/22	270
VI	Plátno	18/13	170

VI	Plátno	18/15	170
VI	Plátno	18/17	170
VI	Kepr 3/1	27/14	195
VI	Kepr 3/1	27/17	230
VI	Kepr 3/1	27/20	240
PL	Atlas 5/1	36/13,5	280
PL	Atlas 5/1	36/16,5	285
PL	Atlas 5/1	36/19,5	300
PL	Plátno	18/12	175
PL	Plátno	18/14	190
PL	Plátno	18/16	195
PL	Kepr 3/1	27/11,5	220
PL	Kepr 3/1	27/14,5	240
PL	Kepr 3/1	27/17,5	250
CO	Plátno	30/25	175
CO	Plátno	20/18	185
CO	Plátno	18/15	180

Tab. č. 2: Popis jednotlivých vzorků.

### 3.3. Měření na přístroji Permetest

Pro měření paropropustnosti byl použit přístroj Permetest, instalovaný na FT TU v Liberci. Při výzkumných pracích se používá při teplotě v klimatizované laboratoři na KHT. Teplota zde kolísá mezi 21 - 24°C vlhkost v místnosti zůstává konstantní. Z důvodů velkého množství vzorků trvalo měření déle.

#### Kalibrace

Před začátkem měření je zkalibrování přístroje povinností. Kalibrace se provádí nejprve měřením bez vzorku (změří se tepelný tok na nezakryté hlavici), a poté se vzorkem (změří se tok při zakryté hlavici). Vzorek tvoří referenční textilie – polypropylenová modrá tkanina. Po tomto postupu ukáže počítač požadovanou hodnotu pro kalibraci.

Hodnoty referenční textilie:

$$p = 46 \%$$

$$R_{et} = 5 \text{ Pa m}^2 \text{ W}^{-1}$$

#### Podmínky měření v laboratoři:

- Teplota vzduchu: 23,6°C
- Vlhkost vzduchu: 48 %

#### Postup měření

Permetest je propojen s počítačem. Počítač je ovládán pomocí programu PERTEM. Po zapnutí je nutné vyčkat (do 5 minut), až se přístroj ustálí. Před měřením i během něho se kontroluje množství vody, při nedostatku se doplní. Po ustálení přístroje dochází ke kalibraci. Po kalibraci následuje samotné měření. Měří se vždy jednou bez vzorku a jednou se vzorkem. Vzorek se vkládá na hlavici rubovou stranou dolů. V této práci bylo dále provedeno měření s nepropustnou folií, která byla vložena mezi hlavici přístroje a mezi měřenou textilií. Rozdíl obou toků představuje paropropustnost vlhké textilie.

## Výpočty

Přístroj dokáže naměřené hodnoty statisticky vyhodnotit. Přesto je nejlepší cesta zaznamenávat ručně, neboť může dojít k nenadálému výpadku. Potom je nutné přístroj znovu kalibrovat a začít měřit znovu.

## Variační koeficient CV

Variační koeficient je podíl směrodatné odchylky a střední hodnoty. Určuje míru rozptýlení dat v oblasti střední hodnoty, je uváděn v procentech.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100[\%] \quad (33)$$

[22]

## Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka určuje míru rozptylu od střední hodnoty. Je ve stejných jednotkách jako měřená veličina.

$$s = \sqrt{\left( \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)} \quad (34)$$

[22]

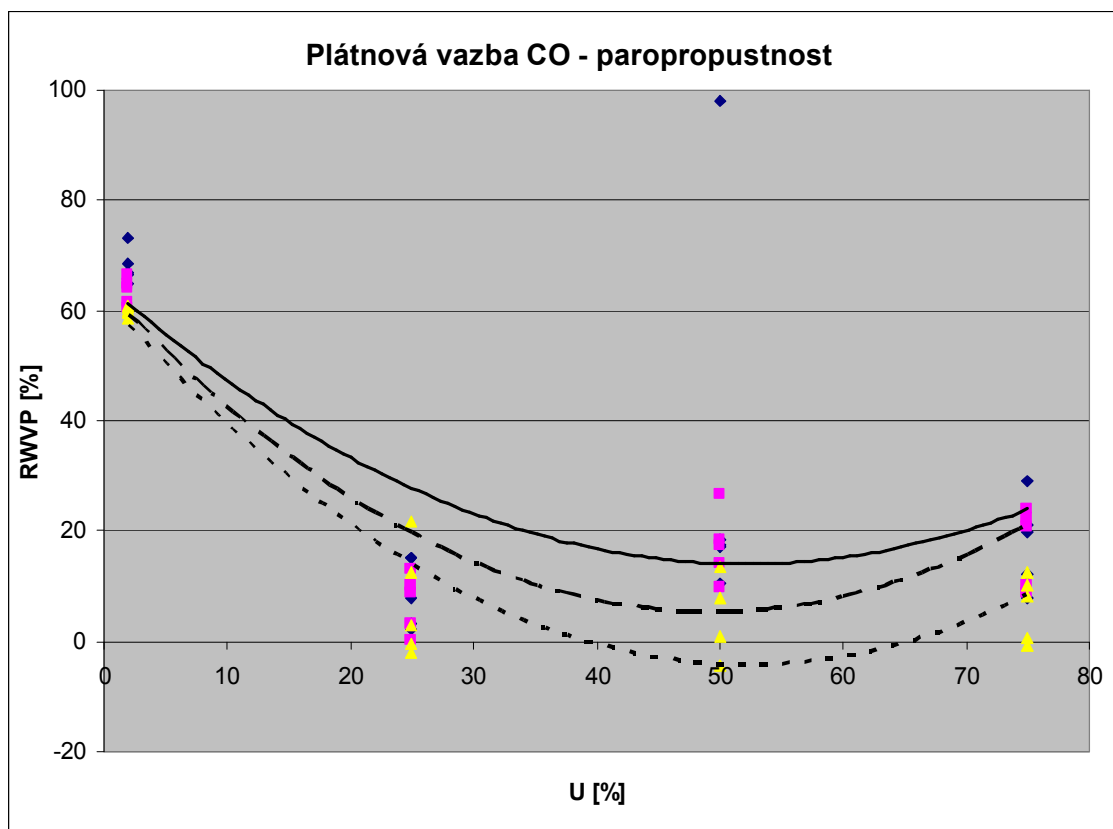
## Interval spolehlivosti

Intervalový odhad slouží k přesnosti o dosaženém tvrzení. Tvoří ho meze, které budou značeny  $L_D$  pro dolní a  $L_H$  pro horní hranici. V této práci bylo za veličinu  $\alpha$  dosazeno 5%. Jedná se tedy o 95% interval spolehlivosti.

$$L_D, L_H = \bar{x} \pm t_{\alpha(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (35)$$

[23]

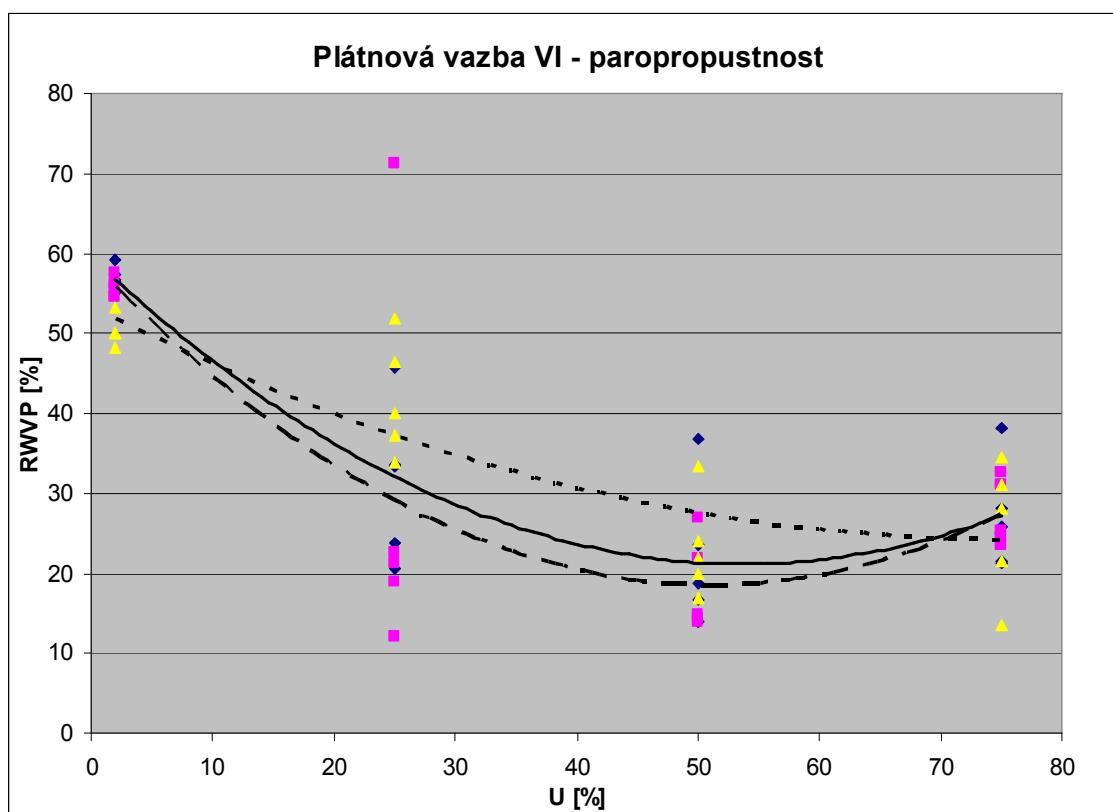
$t_{\alpha(n-1)}$  Studentovo výběrové rozdělení, které je tabelováno.



- ◆ CO 20/18
- CO 25/20
- ▲ CO 30/25
- - - CO 30/25;  $y = 0,0243x^2 - 2,5455x + 62,362$ ;  $R^2 = 0,8895$
- CO 25/20;  $y = 0,024x^2 - 2,366x + 63,759$ ;  $R^2 = 0,7855$
- CO 20/18;  $y = 0,0188x^2 - 1,9572x + 64,95$ ;  $R^2 = 0,3898$

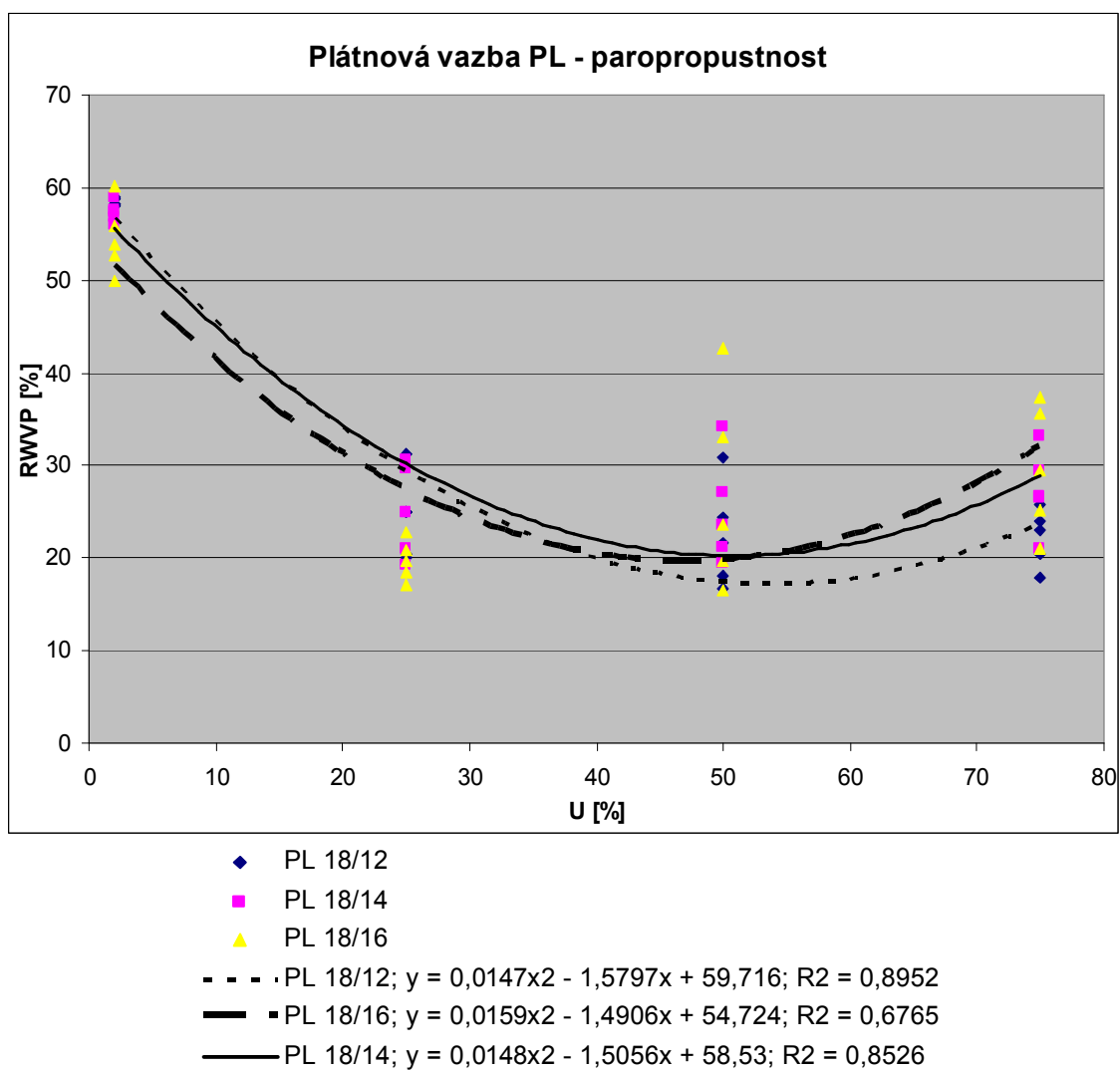
Graf č. 1 Plátnová vazba CO vzorek.



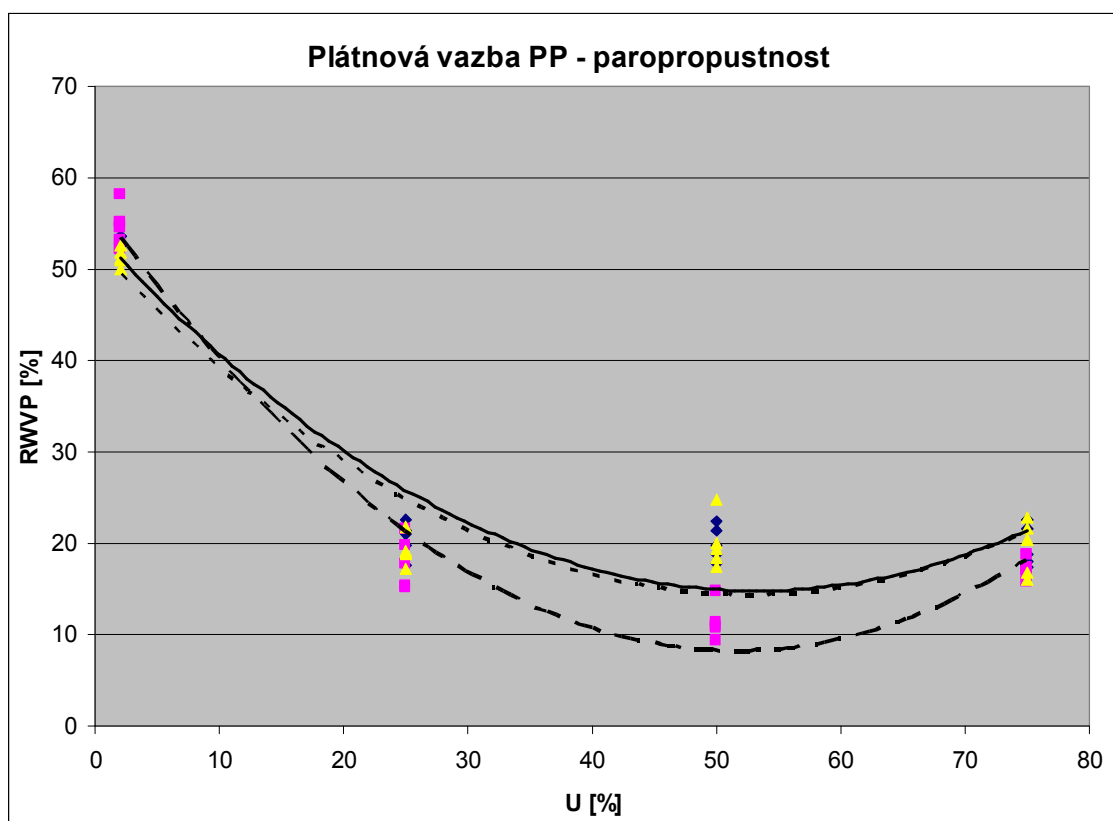


- ◆ VI 18/13
- VI 18/15
- ▲ VI 18/17
- VI 18/13;  $y = 0,0133x^2 - 1,4326x + 59,579$ ;  $R^2 = 0,7983$
- - VI 18/15;  $y = 0,0154x^2 - 1,5776x + 58,913$ ;  $R^2 = 0,6087$
- - - VI 18/17;  $y = 0,0052x^2 - 0,7759x + 53,486$ ;  $R^2 = 0,7241$

Graf č. 2 Plátnová vazba VI vzorek.

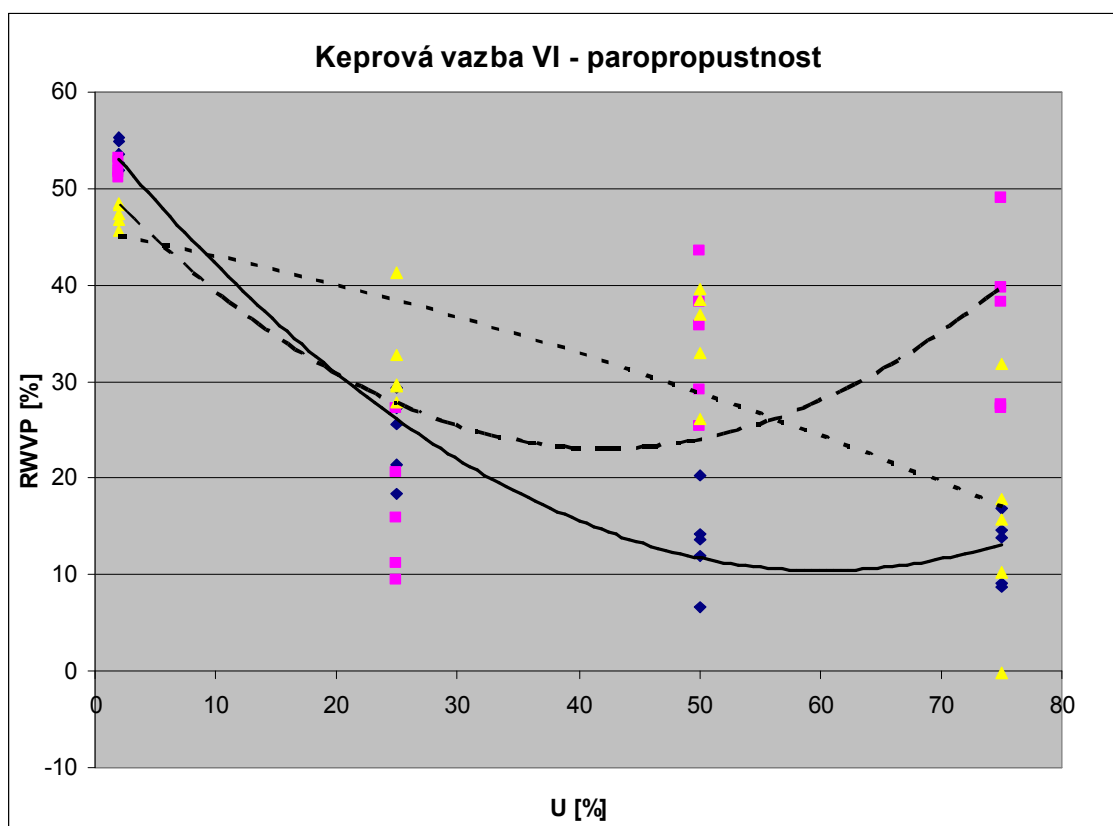


Graf č. 3 Plátnová vazba PL vzorek.



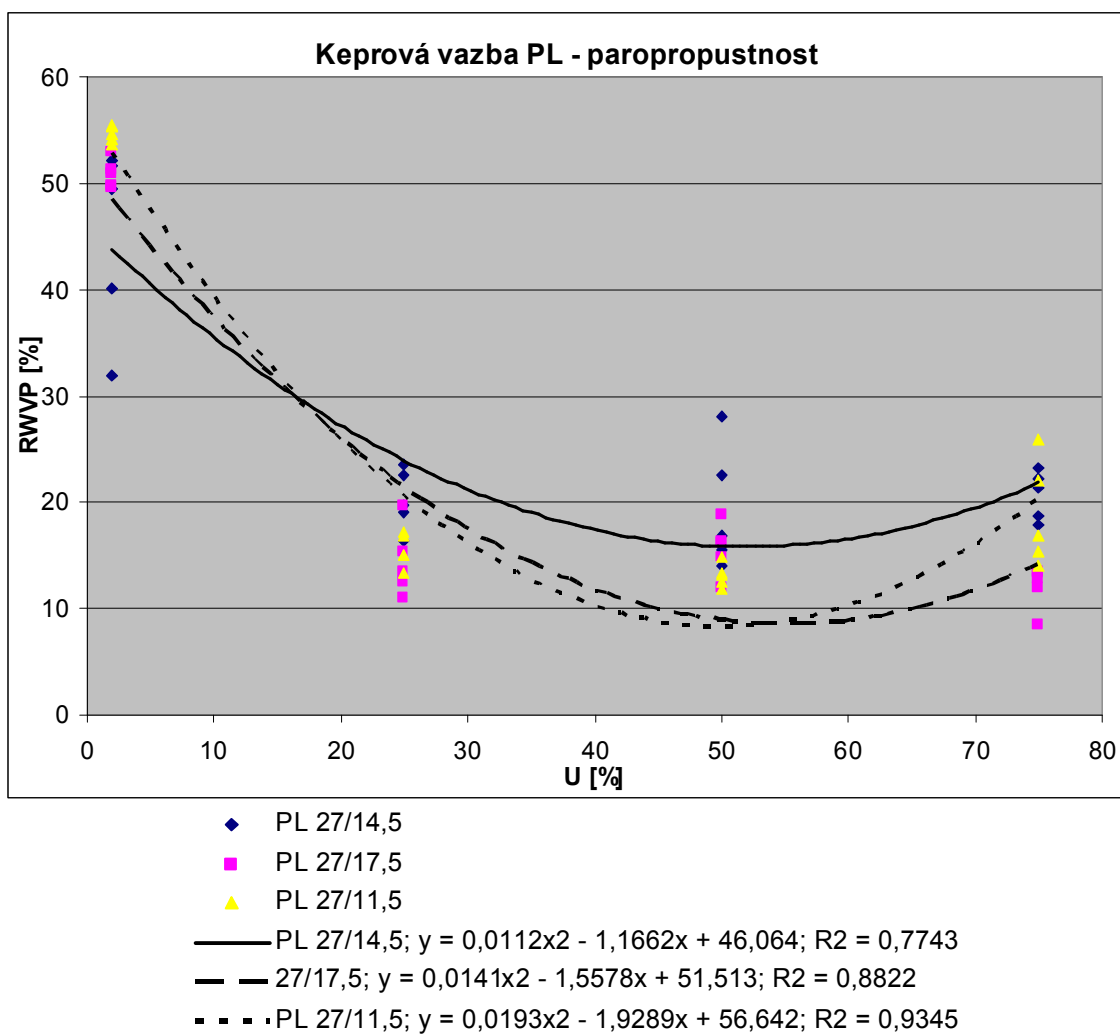
- ◆ PP 18/11
- PP 18/13
- ▲ PP 18/15
- . - . PP 18/15;  $y = 0,0136x^2 - 1,4334x + 52,165$ ;  $R^2 = 0,889$
- - - PP 18/13;  $y = 0,0184x^2 - 1,8962x + 57,208$ ;  $R^2 = 0,9674$
- PP 18/11;  $y = 0,0139x^2 - 1,478x + 54,087$ ;  $R^2 = 0,9129$

Graf č. 4 Plátnová vazba PP vzorek.

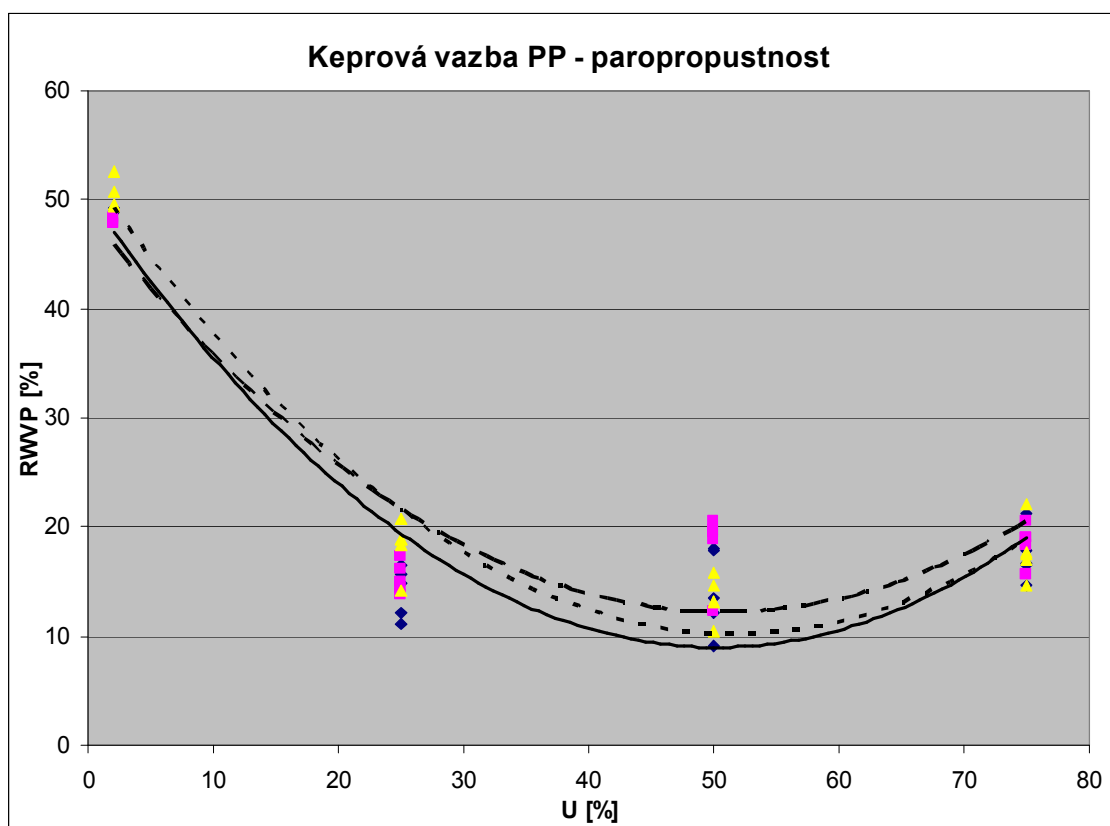


- ◆ VI 27/14
- VI 27/17
- ▲ VI 27/20
- VI 27/14;  $y = 0,0126x^2 - 1,5135x + 56,025$ ;  $R^2 = 0,9541$
- - VI 27/17;  $y = 0,0156x^2 - 1,3155x + 50,861$ ;  $R^2 = 0,4803$
- . - . VI 27/20;  $y = -0,0018x^2 - 0,2425x + 45,609$ ;  $R^2 = 0,6512$

Graf č. 5 Keprová vazba VI vzorek.

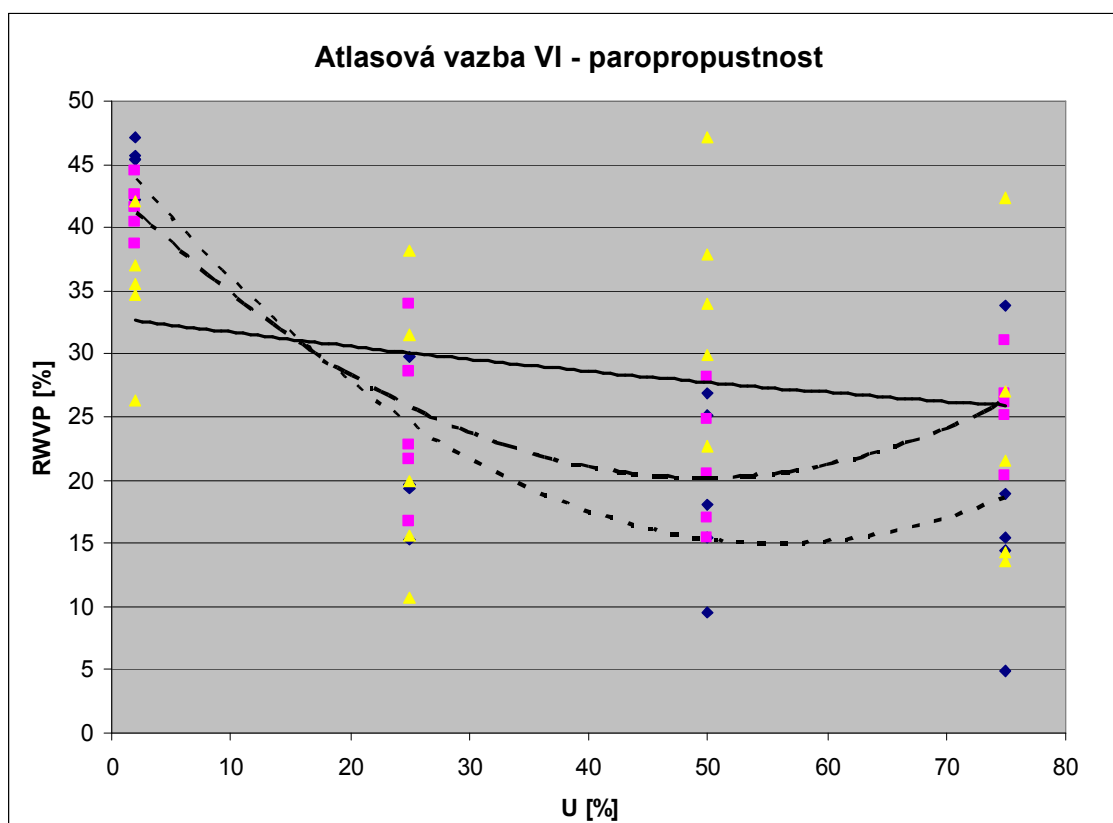


Graf č. 6 Keprová vazba PL vzorek.



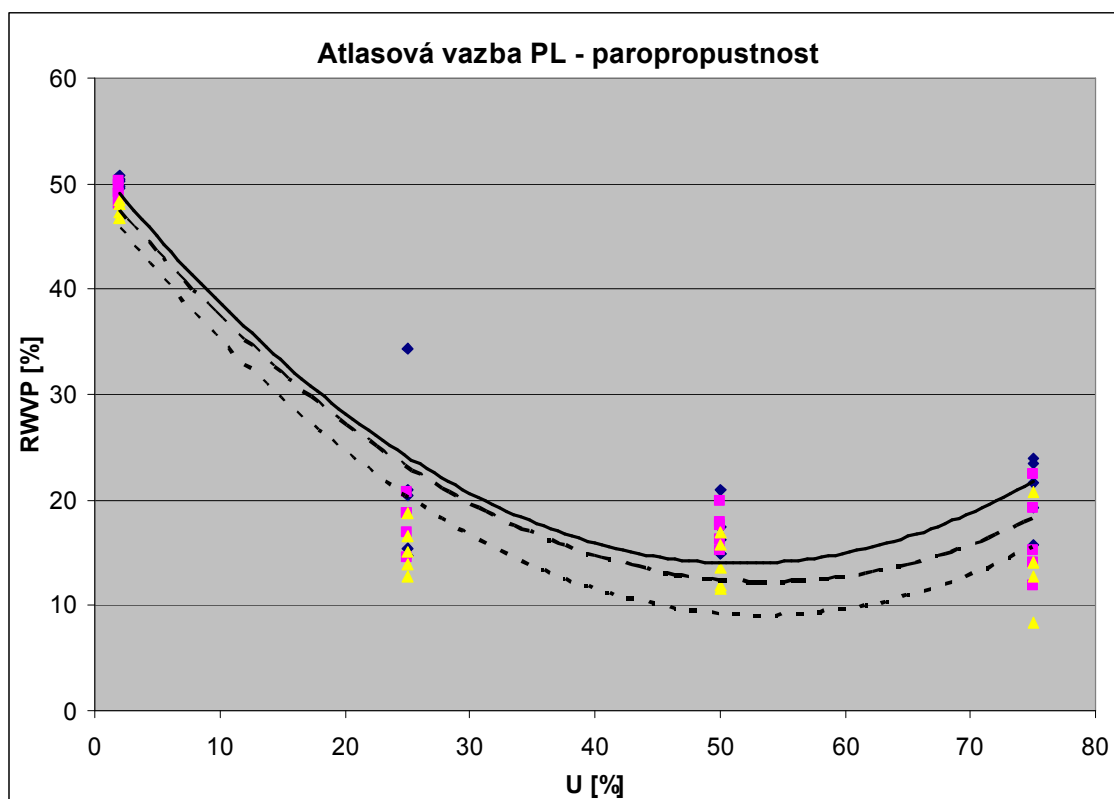
- ◆ PP 27/12
- PP 27/15
- ▲ PP 27/9
- - - PP 27/9;  $y = 0,0158x^2 - 1,6307x + 52,388$ ;  $R^2 = 0,9568$
- PP 27/15;  $y = 0,0141x^2 - 1,4334x + 48,648$ ;  $R^2 = 0,8667$
- PP 27/12;  $y = 0,0164x^2 - 1,6485x + 50,336$ ;  $R^2 = 0,9068$

Graf č. 7 Keprová vazba PP vzorek.



- ◆ VI 36/16
- VI 36/19
- ▲ VI 36/22
- - - VI 36/16;  $y = 0,0099x^2 - 1,1077x + 45,99$ ;  $R^2 = 0,7244$
- - - VI 36/19;  $y = 0,0093x^2 - 0,9213x + 43,057$ ;  $R^2 = 0,763$
- VI 36/22;  $y = 0,0004x^2 - 0,123x + 32,894$ ;  $R^2 = 0,0592$

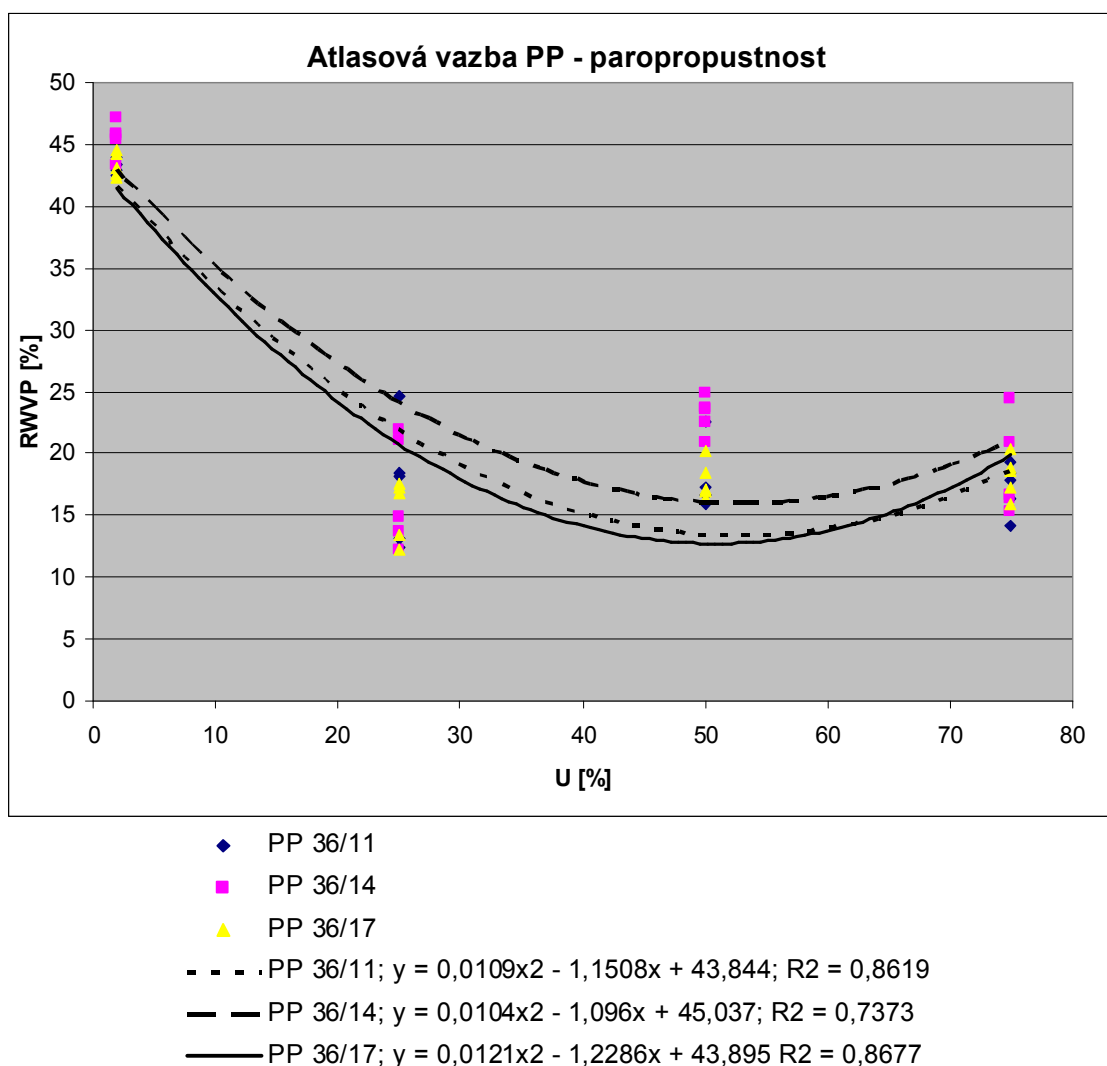
Graf č. 8 Atlasová vazba VI vzorek.



- ◆ PL 36/13,5
- PL 36/16,5
- ▲ PL 36/19,5
- PL 36/13,5;  $y = 0,0142x^2 - 1,4685x + 51,957$ ;  $R^2 = 0,8927$
- - PL 36/16,5;  $y = 0,0131x^2 - 1,4123x + 50,233$ ;  $R^2 = 0,9006$
- - - PL 36/19,5;  $y = 0,0138x^2 - 1,4772x + 48,582$ ;  $R^2 = 0,9097$

Graf č. 9 Atlasová vazba PL vzorek.





Graf č. 10 Atlasová vazba PP vzorek.

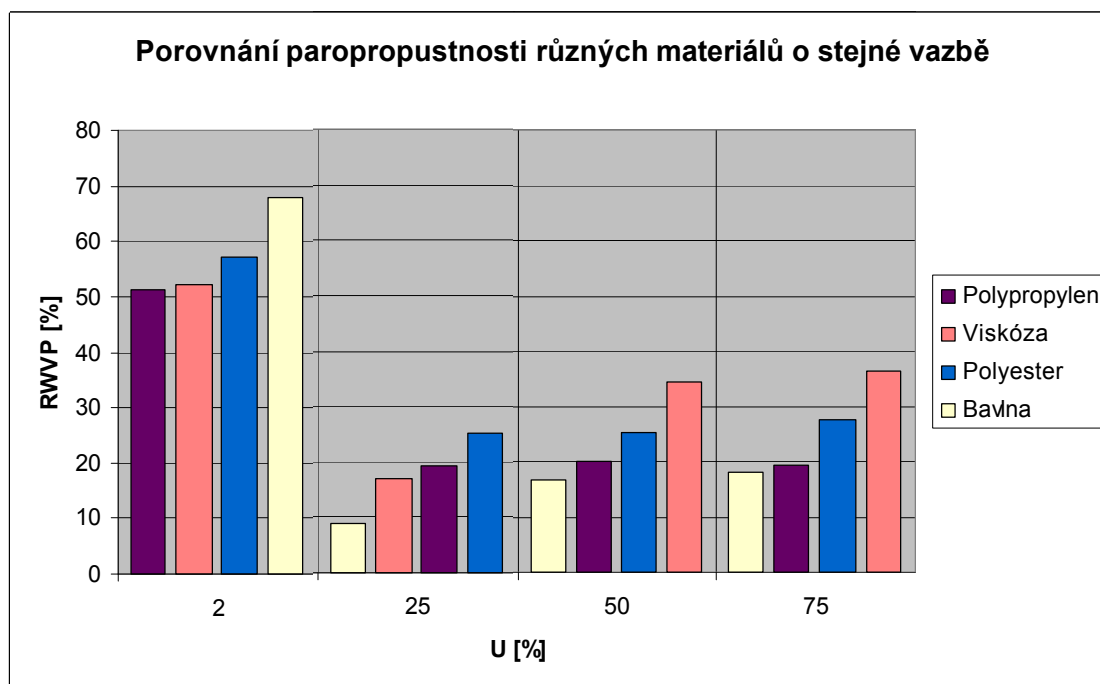
Grafy zobrazují rozdíl obou toků, tzn. s nepropustnou fólií (vloženou mezi hlavici přístroje a vzorek) a jednak bez této fólie. Suchý vzorek, jak je vidět na grafech, vykazuje propustnost nad 45 %, záleží na typu vazby a na složení. Nejvyšší propustnost vykazoval vzorek bavlny v plátnové vazbě (Co 20/18), naopak nejnižší propustnost byla naměřena u vzorku viskózy v plátnové vazbě (VI 36/22). Po zvlhčení na 25 % dochází k výraznému poklesu paropropustnosti, následné další měření na hodnotách 50 % a 75 % vykazuje neklesající průběh až patrný vzestup (viz tabulky v příloze). Zde se jedná o již nasycený materiál, na který působí vliv vodního filmu. Ten si můžeme představit jako bariéru, která výrazně snižuje schopnost oděvu dýchat. S přibývajícím zavlhčením zůstává hodnota paropropustnosti spíše nežádoucí a tvoří negativní efekt.

Při měření v laboratoři na KHT došlo na přístroji Permetest k niancím, které mohly být způsobeny vlivem vibrací od pračky a sušičky. Pro další měření by bylo

vhodné použít přístroj v oddělené komoře, jak tomu bylo z počátku měření, než se na přístroji zanesl přívod vzduchu, z důvodu velké vytíženosti přístroje. Pro měření byl použit Permetest jak v oddělené komoře, tak v místnosti společné s pračkou a sušičkou.

### Porovnání paropropustnosti

Z naměřených hodnot mezní vrstvy můžeme vyvodit a potvrdit, že jednotlivé vlákenné materiály, tzn.: že bavlna a viskóza vykazují silný nárůst po zavlhčení, oproti polypropylenu a polyesteru, které vykazovaly konstantní hodnotu měřené mezní vrstvy.



Graf č. 11 Porovnání rozdílů vlákenných materiálů.

### 3.4. Chyby měření

Každé měření je zatíženo a ovlivněno chybami. Z tohoto hlediska rozlišujeme chyby podle příčiny vzniku a podle místa vzniku při měření.

#### 3.4.1. Systematické chyby

Zkreslují měření o konstantní hodnotu, mají vždy určitou příčinu (vada měřicího přístroje, nesprávné seřízení přístroje). Příčiny systematických chyb je možné zjistit a zabránit jim.

- Chyby aditivní (špatné nastavení nulové hodnoty)
- Chyby multiplikativní (chyba citlivosti)
- Hrubé chyby vybočující hodnoty

#### 3.4.2. Náhodné chyby

Mají zdroj ve velkém počtu neznámých příčin a ovlivňují výsledek měření v jakémkoli smyslu. Na rozdíl od systematických chyb jim není možno zabránit. [22]

Mohou být způsobeny kolísáním měrného tlaku, teploty, vlivem osvětlení, otřesů apod. Pokud budeme předpokládat, že hrubá chyba měření neexistuje je možné použít následující vztah:

$$y = x_o + \Delta + \delta \quad (36)$$

y naměřené hodnota

$x_o$  skutečná hodnota měřené veličiny

$\Delta$  systematická chyba

$\delta$  náhodná chyba

Při předpokladu, že známe systematickou chybu, nebo že neexistuje, můžeme použít vztah 37:

$$y = x_o + \delta \quad (37)$$

y naměřené hodnota

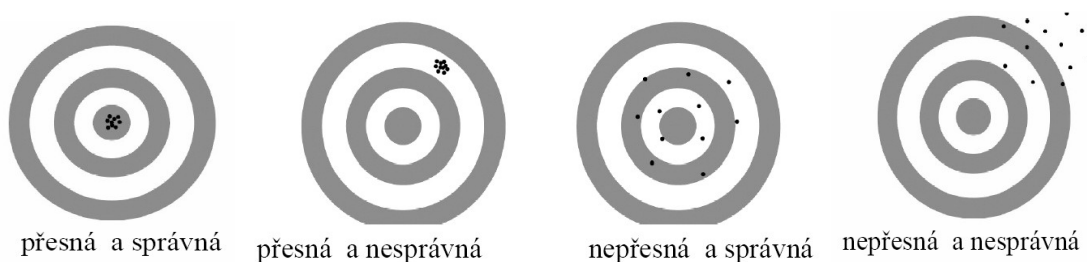
$x_o$  skutečná hodnota měřené veličiny

$\delta$  náhodná chyba

### Chyby podle místa vzniku při měření.

- Instrumentální chyby – konstrukce přístroje a kvalita garantovaná výrobcem.
- Metodické chyby – organizace při měření, eliminace vnějších vlivů, odečítání dat.
- Teoretické chyby – principy měření, fyzikální modely, konstanty, použité parametry.
- Chyby zpracování dat – nevhodné statistické metody, numerické chyby. [23]

Z měření by mohly být částečně ovlivněny vzorky PP v atlasové vazbě a VI v atlasové a keprové vazbě, které byly měřeny na Permetestu v neoddělené komoře na KHT v místnosti s pračkou, která mohla mít negativní vliv na měření díky svým vibracím. V tomto případě by se mohlo jednat o měření přesná, ale nesprávná díky vlivu vibrací.



Obr. č. 20: Přesnost a správnost měření. [23]

### 3.5. Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení (ČSN EN ISO 139 800056)

Norma se zabývá používáním normálního ovzduší pro klimatizování a pro následné zjišťování fyzikálních a mechanických vlastností textilií. Je zde stanoveno i alternativní ovzduší, které je možné použít po dohodě zúčastněných stran.

#### Požadavky:

Normální ovzduší teplota 20°C a relativní vlhkost 65 %,

Alternativní ovzduší teplota 23°C a relativní vlhkost 60 %, možné použít po dohodě zúčastněných stran.

Tolerance jsou stanoveny:

teplota  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  ,

vlhkost  $\pm 4\%$  .

Měřicí zařízení musí rozlišovat teplotu o  $0,1^{\circ}\text{C}$  nebo lepší, a relativní vlhkost  $0,1\%$  nebo lepší. Přitom musí snímač klimatizovaného ovzduší zaznamenávat údaje v takových intervalech, aby bylo možné určit výchylku mimo mezní hodnoty.

**Předsoušení:**

Textilie se předsouší pokud je to požadováno. Musí se uvést do rovnovážného stavu s relativní vlhkostí mezi  $10\%$  až  $25\%$  a teplotou  $50^{\circ}\text{C}$ .

**Klimatizování:**

Textilie se musí před zkoušením klimatizovat. Uloží se do zkušebního ovzduší, aby mohl vzduch volně proudit textilií a ponechá se tam po dobu potřebnou, která ji má uvést do rovnovážného stavu. Pro měření slouží časový interval 2 hodin, kdy již textilie nevykazuje vyšší změnu hmotnosti jak  $0,25\%$ .

**Přesnost:**

Pro přesné měření je nutné pravidelně provádět kalibraci měřícího zařízení.

Protokol o zkoušce musí obsahovat:

- identifikaci zkušební vzorku,
- odkaz na tuto normu,
- podrobnosti o ovzduší při zkoušení,
- podrobnosti o odchylce od této normy. [24]

#### 4. ZÁVĚR

Úvod práce je věnován metodice měření paropropustnosti, vlivu vlhkosti. V krátkosti je definována norma ISO 11092:1993. Dále jsou uvedeny základní poznatky o oděvu, lidské kůži, komfortu textilií, termoregulaci lidského těla a o použitých materiálech.

Cílem práce bylo zjistit relativní chladicí tok za různých stupňů vlhkosti. Vlhkost byla měřena pomocí hmotnostního přivažku na digitálních vahách. Na přístroji Permetest byly naměřeny hodnoty paropropustnosti vodních par. Veškerá měření byla zpracována graficky. Krabicový graf by se značně překrýval, a proto od něj bylo upuštěno. Výsledky byly následně porovnány s teoretickým modelem, který do jisté míry kopíruje. Testované vzorky v této práci se shodují s publikací.

Při měření bylo použito 30 vzorků, kde byl každý vzorek změřen 5x jak s fólií, tak bez fólie. Celkem bylo naměřeno 300 hodnot. Výsledné grafy ukazují rozdíl jak s nepropustnou fólií vloženou mezi hlavici přístroje a vzorek, tak bez této fólie.

Pro stanovení nové normy pro paropropustnost by bylo možné použít materiál o velikosti 150 x 150 mm. Důvodem tohoto rozměru by byla pouze lepší manipulaci při zkoušení. Vzorek by byl následně vysušen, po vysušení zvážen. Poté by se použilo hmotnostního přivažku, který by byl stanoven dle U. Požadovaná hodnota RWVP (%) by se podle U stanovila zavlhčením vzorku. Vzorek by se ponořil do odvážené kádinky s kapalinou. Po absorbování kapaliny by byl znovu zvážen. Následně by mohlo být provedeno měření na přístroji Permetest.

Bylo by možné vymyslet řadu teorií, z časových důvodů zůstávají pouze ve formě návrhů. Jako procento zavlhčení U v závislosti na přeměně páry na kapalinu v textilií, nebo typ konstrukce k zavlhčení.

V této práci nebyla měřena vlna, protože její chování je při měření složitější.

## 5. LITERATURA

- [1] Studijní materiály: Elektronická podoba skript pro Zkoušení textilií I. [on-line 2.2.2011]. <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT1dil.pdf>>.
- [2] ČSN 800855 Zjišťování relativní propustnosti vodních par plošnou textilií: Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1976, s 4.
- [3] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií. Liberec: TU Liberec, 2005, s. 109, ISBN 80-7083-926-0.
- [4] IN 23-304-01\_01.pdf (application/pdf objekt) Interní norma č. 23-304-01/01 Stanovení termofyziologických vlastností textilií 7.12.2004 [on-line 6.2.2011]. Dostupné z <[http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-01\\_01.pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2023-304-01_01.pdf)>.
- [5] Clothing Physiological Research in the service of wear comfort. The Hohenstein Institute [on-line 26.3.2011]. Dostupné z <[http://www.hohenstein.com.tr/ximages/1400479\\_broschuere.pdf](http://www.hohenstein.com.tr/ximages/1400479_broschuere.pdf)>.
- [6] Horníček P.: Odvod vlhkosti a tepla 6/2002 [on-line 7.2.2011]. Dostupné z <[http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/dalsi\\_podklady/Odvod\\_vlhkosti\\_a\\_teplo.pdf](http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/dalsi_podklady/Odvod_vlhkosti_a_teplo.pdf)>.
- [7] LYSSY product catalog. [on-line 10.2.2011]. Dostupné z <<http://www.perfomaxtech.com/lyssy%20product%20catalog.pdf>>.
- [8] BS 7209:1990 Specification for water vapour permeable apparel fabrics, British Standards Institution, 1990, s. 16., ISBN 0580178218
- [9] ČSN EN ISO 15496 (800877) Textilie – Měření propustnosti vodních par textilií pro účely kontroly kvality: Praha: Český normalizační institut, 2004, s. 16.
- [10] Hes L. and Araujo, M.: Simulation of the Effect of Air Gaps between the Skin and a Wet Fabric 1492 Textile Research Journal Volume 80, Issue 14, Pages: 1488-1497, ISSN 0040-5175.
- [11] Hes, L., Farská, L.: Vliv vlhkosti na třecí vlastnosti úpletů. Vláknina a textil, ročník 16, 2009, Bratislava, ISSN 1335-0617, s. 15-17.
- [12] ČSN EN 31092 Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou) (ISO 11092:1993): Praha: Český normalizační institut, 1996, s. 16.

- [13] Růžicková D.: Oděvní materiály. Liberec: TU Liberec, 2003, s. 221, ISBN 80-7083-682-2.
- [14] Militký, J.: Přednášky: Textilní vlákna; Speciální vlákna: TU Liberec, 2007, s. 423, ISBN 978-80-7372-169-5.
- [15] TZB: Chemická vlákna (Polyester – PL) [on-line 3.2.2011]. Dostupné z <<http://turbo.cdv.tul.cz/mod/book/view.php?id=2363&chapterid=3446>>.
- [16] Staněk, J.: Textilní zbožíznalství Vlákenné suroviny, příze, nitě. Liberec: TU Liberec, 2006, s. 114, ISBN 80-7372-147-3.
- [17] Polyesterová vlákna – Katedra textilních materiálů 5.12.2005 [on-line 3.2.2011]. Dostupné z <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/polyester>>.
- [18] TZB: Chemická vlákna (Polypropylen PP) [on-line 3.2.2011]. Dostupné z <<http://turbo.cdv.tul.cz/mod/book/view.php?id=2363&chapterid=3448>>.
- [19] TZB: Chemická vlákna (- Viskóza VI) [on-line 3.2.2011]. Dostupné z <<http://turbo.cdv.tul.cz/mod/book/view.php?id=2363&chapterid=3442>>.
- [20] Bavlněná vlákna – Katedra textilních materiálů 2.12.2005 [on-line 3.2.2011]. Dostupné z <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/bavlna>>.
- [21] Dostálová M., Křivánková M.: Základy textilní a oděvní výroby. Liberec: TU Liberec, 2004, s. 185, ISBN 80-7083-831-0.
- [22] Rektorys K.: Přehled užití matematiky: Praha, 1981, s. 1140, Typové číslo L11-E1-II-51/11 883.
- [23] Tomková, B., Militký, J.: Studijní materiály: Elektronická podoba skript pro Textilní metrologii IV. 18.5.2010 [on-line 20.2.2011]. Dostupné z <<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2010-05-18/10-41-27.pdf>>.
- [24] ČSN EN ISO 139 (800056) Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení: Praha: Český normalizační institut, 2005, s. 12.



## **6. SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1. Permetest – tabulka měření bez fólie

Příloha č. 2. Permetest – tabulka měření s fólií

Příloha č. 1: Permetest měření bez fóie.

U [%]	Vzorek	Jednotky	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	95% IS +	95% IS -
za sucha	PL 18/14 pl	%	61,7	1,2	1,9	63,2	60,2
	PL 18/14 pl	Pa.m²/W	2,7	0,2	5,7	2,9	2,5
25% zavlhčení	PL 18/14 pl	%	79,7	3,4	4,2	83,9	75,6
	PL 18/14 pl	Pa.m²/W	1,4	0,3	19,4	1,7	1,0
50% zavlhčení	PL 18/14 pl	%	78,3	1,3	1,6	79,8	76,7
	PL 18/14 pl	Pa.m²/W	1,2	0,1	6,9	1,3	1,1
75% zavlhčení	PL 18/14 pl	%	77,3	2,2	2,8	80,0	74,6
	PL 18/14 pl	Pa.m²/W	1,3	0,2	18,3	1,5	1,0
za sucha	PL 18/16 pl	%	58,7	3,7	6,2	63,2	54,2
	PL 18/16 pl	Pa.m²/W	3,6	0,5	13,0	4,2	3,0
25% zavlhčení	PL 18/16 pl	%	78,1	2,0	2,5	80,5	75,6
	PL 18/16 pl	Pa.m²/W	1,2	0,2	12,2	1,4	1,1
50% zavlhčení	PL 18/16 pl	%	77,4	3,9	5,1	82,3	72,6
	PL 18/16 pl	Pa.m²/W	1,3	0,3	23,7	1,7	0,9
75% zavlhčení	PL 18/16 pl	%	77,2	2,7	3,5	80,6	73,8
	PL 18/16 pl	Pa.m²/W	1,4	0,2	13,4	1,6	1,2
za sucha	PL 18/12 pl	%	62,5	0,5	0,7	63,1	62,0
	PL 18/12 pl	Pa.m²/W	3,2	0,2	4,7	3,4	3,0
25% zavlhčení	PL 18/12 pl	%	74,8	1,2	1,6	76,3	73,4
	PL 18/12 pl	Pa.m²/W	1,4	0,1	6,2	1,6	1,3
50% zavlhčení	PL 18/12 pl	%	72,8	1,2	1,7	74,3	71,2
	PL 18/12 pl	Pa.m²/W	1,6	0,1	5,2	1,7	1,5
75% zavlhčení	PL 18/12 pl	%	77,2	2,9	3,8	80,9	73,6
	PL 18/12 pl	Pa.m²/W	1,2	0,2	18,7	1,5	0,9
za sucha	PL 27/14,5 k	%	49,4	8,8	17,8	60,3	38,5
	PL 27/14,5 k	Pa.m²/W	5,7	2,5	44,5	8,8	2,6
25% zavlhčení	PL 27/14,5 k	%	71,4	2,1	3,0	74,0	68,7
	PL 27/14,5 k	Pa.m²/W	1,9	0,2	10,9	2,1	1,6
50% zavlhčení	PL 27/14,5 k	%	72,1	1,2	1,7	73,6	70,6
	PL 27/14,5 k	Pa.m²/W	1,8	0,1	7,9	2,0	1,6
75% zavlhčení	PL 27/14,5 k	%	75,8	2,2	2,9	78,5	73,1
	PL 27/14,5 k	Pa.m²/W	1,5	0,2	14,6	1,7	1,2
za sucha	PL 27/17,5 k	%	55,2	1,4	2,5	56,9	53,6
	PL 27/17,5 k	Pa.m²/W	4,5	0,3	5,9	4,8	4,2
25% zavlhčení	PL 27/17,5 k	%	69,4	3,0	4,3	73,1	65,6
	PL 27/17,5 k	Pa.m²/W	2,2	0,3	12,9	2,6	1,9

50% zavlhčení	PL 27/17,5 k	%	70,4	2,3	3,2	73,2	67,6
	PL 27/17,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,1	0,2	10,2	2,4	1,9
75% zavlhčení	PL 27/17,5 k	%	69,6	0,8	1,1	70,5	68,6
	PL 27/17,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,2	0,1	3,8	2,3	2,1
za sucha	PL 27/11,5 k	%	59,1	0,8	1,4	60,2	58,1
	PL 27/11,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,2	0,3	6,0	4,5	3,9
25% zavlhčení	PL 27/11,5 k	%	74,6	1,7	2,2	76,6	72,5
	PL 27/11,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,5	0,2	7,8	2,7	2,2
50% zavlhčení	PL 27/11,5 k	%	71,9	1,1	1,6	73,3	70,5
	PL 27/11,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,3	0,2	6,6	3,5	3,0
75% zavlhčení	PL 27/11,5 k	%	77,1	3,2	4,2	81,1	73,1
	PL 27/11,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,4	0,4	17,8	3,0	1,9
za sucha	PL 36/19,5 a	%	51,9	0,7	1,4	52,8	50,9
	PL 36/19,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,5	0,1	1,8	5,6	5,4
25% zavlhčení	PL 36/19,5 a	%	70,4	1,0	1,5	71,7	69,1
	PL 36/19,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,8	0,1	5,1	1,9	1,6
50% zavlhčení	PL 36/19,5 a	%	70,7	0,7	1,1	71,7	69,8
	PL 36/19,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,7	0,0	2,6	1,8	1,7
75% zavlhčení	PL 36/19,5 a	%	71,3	1,9	2,7	73,7	68,9
	PL 36/19,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,7	0,2	9,8	1,9	1,5
za sucha	PL 36/16,5 a	%	53,6	0,8	1,6	54,7	52,6
	PL 36/16,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,8	0,2	3,2	5,0	4,6
25% zavlhčení	PL 36/16,5 a	%	71,6	1,1	1,5	72,9	70,2
	PL 36/16,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,0	0,1	5,8	2,1	1,8
50% zavlhčení	PL 36/16,5 a	%	67,0	1,7	2,5	69,1	64,9
	PL 36/16,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,3	0,2	6,9	2,5	2,1
75% zavlhčení	PL 36/16,5 a	%	70,8	3,2	4,6	74,8	66,8
	PL 36/16,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,0	0,3	14,5	2,3	1,6
za sucha	PL 36/13,5 a	%	54,4	0,5	0,8	55,0	53,9
	PL 36/13,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,6	0,1	2,2	4,7	4,5
25% zavlhčení	PL 36/13,5 a	%	64,9	1,5	2,4	66,8	63,0
	PL 36/13,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,9	0,2	8,6	3,2	2,6
50% zavlhčení	PL 36/13,5 a	%	66,8	2,0	3,0	69,3	64,3
	PL 36/13,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,3	0,5	22,9	2,9	1,6
75% zavlhčení	PL 36/13,5 a	%	69,9	1,7	2,5	72,0	67,7
	PL 36/13,5 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,8	0,1	7,3	2,0	1,7
za sucha	VI 27/14 k	%	59,9	1,4	2,4	61,7	58,2
	VI 27/14 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,2	0,2	6,6	3,4	2,9
25% zavlhčení	VI 27/14 k	%	81,9	2,2	2,7	84,6	79,2
	VI 27/14 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,1	0,2	15,8	1,3	0,9

50% zavlhčení	VI 27/14 k	%	73,4	4,5	6,1	79,0	67,8
	VI 27/14 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,0	0,5	22,1	2,6	1,5
75% zavlhčení	VI 27/14 k	%	79,1	2,5	3,1	82,1	76,1
	VI 27/14 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,4	0,2	13,4	1,6	1,2
za sucha	VI 27/17 k	%	58,4	0,5	0,9	59,1	57,8
	VI 27/17 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,3	0,1	1,7	3,4	3,3
25% zavlhčení	VI 27/17 k	%	70,8	3,0	4,3	74,6	67,1
	VI 27/17 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,1	0,3	13,9	2,5	1,7
50% zavlhčení	VI 27/17 k	%	85,2	10,0	11,7	97,6	72,8
	VI 27/17 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,2	0,7	60,8	2,0	0,3
75% zavlhčení	VI 27/17 k	%	81,1	2,0	2,5	83,6	78,6
	VI 27/17 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	6,5	2,1	33,1	9,1	3,8
za sucha	VI 27/20 k	%	53,8	1,3	2,5	55,5	52,1
	VI 27/20 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,9	0,5	13,3	4,5	3,2
25% zavlhčení	VI 27/20 k	%	80,4	2,5	3,2	83,6	77,3
	VI 27/20 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,3	0,2	16,5	1,5	1,0
50% zavlhčení	VI 27/20 k	%	80,6	2,9	3,6	84,2	77,0
	VI 27/20 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,3	0,2	16,5	1,5	1,0
75% zavlhčení	VI 27/20 k	%	76,8	4,1	5,4	81,9	71,6
	VI 27/20 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,6	0,4	23,4	2,1	1,1
za sucha	VI 18/15 pl	%	62,6	1,1	1,8	64,0	61,2
	VI 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,5	0,2	6,0	2,7	2,3
25% zavlhčení	VI 18/15 pl	%	78,4	2,9	3,7	82,0	74,8
	VI 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,6	0,3	17,7	2,0	1,2
50% zavlhčení	VI 18/15 pl	%	79,5	4,3	5,4	84,8	74,2
	VI 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,4	25,4	2,0	1,1
75% zavlhčení	VI 18/15 pl	%	75,4	2,3	3,1	78,3	72,5
	VI 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,4	0,2	16,9	1,6	1,1
za sucha	VI 18/13 pl	%	63,3	1,1	1,8	64,7	61,9
	VI 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,4	0,2	7,2	2,6	2,2
25% zavlhčení	VI 18/13 pl	%	75,8	6,3	8,3	83,6	68,0
	VI 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,1	0,4	33,4	1,6	0,6
50% zavlhčení	VI 18/13 pl	%	78,1	1,9	2,5	80,5	75,7
	VI 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,0	0,1	9,3	1,1	0,8
75% zavlhčení	VI 18/13 pl	%	83,4	6,6	7,9	91,5	75,3
	VI 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,7	0,4	54,4	1,1	0,2
za sucha	VI 18/17 pl	%	58,8	1,7	3,0	61,0	56,6
	VI 18/17 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,0	0,2	7,0	3,2	2,7
25% zavlhčení	VI 18/17 pl	%	69,7	6,2	9,0	77,4	61,9
	VI 18/17 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,6	0,5	28,4	2,2	1,0

50% zavlhčení	VI 18/17 pl	%	51,3	3,1	6,1	55,1	47,4
	VI 18/17 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,4	0,4	12,9	3,9	2,8
75% zavlhčení	VI 18/17 pl	%	57,6	7,7	13,4	67,1	48,1
	VI 18/17 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,8	0,8	28,9	3,8	1,8
za sucha	VI 36/22 a	%	43,4	5,6	12,9	50,3	36,5
	VI 36/22 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	6,7	1,9	28,5	9,1	4,4
25% zavlhčení	VI 36/22 a	%	80,4	3,9	4,8	85,2	75,7
	VI 36/22 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,3	0,3	26,7	1,7	0,9
50% zavlhčení	VI 36/22 a	%	80,4	2,3	2,8	83,2	77,5
	VI 36/22 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,3	0,2	15,0	1,5	1,0
75% zavlhčení	VI 36/22 a	%	82,3	4,9	5,9	88,4	76,3
	VI 36/22 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,2	0,4	34,5	1,8	0,7
za sucha	VI 36/19 a	%	50,5	2,2	4,3	53,2	47,8
	VI 36/19 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,1	0,3	5,2	5,4	4,8
25% zavlhčení	VI 36/19 a	%	75,5	2,2	2,9	78,2	72,8
	VI 36/19 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,6	0,2	11,1	1,9	1,4
50% zavlhčení	VI 36/19 a	%	74,7	0,7	0,9	75,6	73,8
	VI 36/19 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,8	0,1	3,1	1,8	1,7
75% zavlhčení	VI 36/19 a	%	76,5	1,5	1,9	78,3	74,7
	VI 36/19 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,6	0,1	8,3	1,7	1,4
za sucha	VI 36/16 a	%	51,6	2,2	4,2	54,2	48,9
	VI 36/16 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,9	1,0	19,7	6,1	3,7
25% zavlhčení	VI 36/16 a	%	73,3	3,0	4,1	77,0	69,6
	VI 36/16 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,9	0,3	14,9	2,3	1,6
50% zavlhčení	VI 36/16 a	%	75,8	2,6	3,4	78,9	72,6
	VI 36/16 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,7	0,3	15,4	2,0	1,4
75% zavlhčení	VI 36/16 a	%	78,6	2,1	2,7	81,2	76,0
	VI 36/16 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,2	14,2	1,7	1,2
za sucha	PP 27/15 k	%	52,4	0,3	0,5	52,7	52,0
	PP 27/15 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,2	0,2	3,7	4,4	4,0
25% zavlhčení	PP 27/15 k	%	77,0	1,2	1,6	78,5	75,5
	PP 27/15 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,4	0,1	7,9	1,5	1,2
50% zavlhčení	PP 27/15 k	%	76,5	1,5	1,9	78,3	74,7
	PP 27/15 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,1	7,8	1,6	1,3
75% zavlhčení	PP 27/15 k	%	78,0	0,9	1,2	79,1	76,8
	PP 27/15 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,1	3,8	1,5	1,4
za sucha	PP 27/12 k	%	53,4	0,1	0,2	53,5	53,2
	PP 27/12 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,0	0,1	2,5	4,1	3,9
25% zavlhčení	PP 27/12 k	%	76,7	2,6	3,4	79,9	73,4
	PP 27/12 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,2	13,5	1,8	1,3

50% zavlhčení	PP 27/12 k	%	79,3	1,7	2,2	81,5	77,2
	PP 27/12 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,4	0,1	9,4	1,5	1,2
75% zavlhčení	PP 27/12 k	%	80,6	1,3	1,6	82,1	79,0
	PP 27/12 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,4	0,1	6,6	1,5	1,2
za sucha	PP 27/9 k	%	54,7	1,4	2,5	56,4	53,0
	PP 27/9 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,1	0,2	5,7	4,4	3,8
25% zavlhčení	PP 27/9 k	%	76,1	2,4	3,2	79,1	73,1
	PP 27/9 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,8	0,3	14,5	2,1	1,5
50% zavlhčení	PP 27/9 k	%	72,4	3,0	4,1	76,1	68,7
	PP 27/9 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,2	0,4	20,0	2,8	1,7
75% zavlhčení	PP 27/9 k	%	75,5	0,7	0,9	76,4	74,7
	PP 27/9 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,7	0,0	2,6	1,8	1,7
za sucha	PP 36/14 a	%	49,7	1,3	2,6	51,4	48,1
	PP 36/14 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,9	0,2	4,3	5,1	4,6
25% zavlhčení	PP 36/14 a	%	73,7	1,0	1,3	74,9	72,5
	PP 36/14 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,9	0,1	5,9	2,1	1,8
50% zavlhčení	PP 36/14 a	%	74,8	1,7	2,2	76,9	72,8
	PP 36/14 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,9	0,2	8,2	2,0	1,7
75% zavlhčení	PP 36/14 a	%	69,8	0,8	1,2	70,8	68,8
	PP 36/14 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,3	0,0	2,0	2,3	2,2
za sucha	PP 36/17 a	%	47,6	1,1	2,2	48,9	46,3
	PP 36/17 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,2	0,2	3,0	5,4	5,0
25% zavlhčení	PP 36/17 a	%	76,0	0,9	1,2	77,1	74,8
	PP 36/17 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,8	0,1	4,7	1,9	1,7
50% zavlhčení	PP 36/17 a	%	77,1	0,9	1,2	78,3	76,0
	PP 36/17 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,7	0,1	4,9	1,8	1,6
75% zavlhčení	PP 36/17 a	%	77,4	1,3	1,7	79,1	75,8
	PP 36/17 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,6	0,2	9,9	1,8	1,4
za sucha	PP 36/11a	%	47,5	0,5	1,1	48,2	46,9
	PP 36/11a	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,0	0,1	1,1	5,1	5,0
25% zavlhčení	PP 36/11a	%	75,5	1,5	2,0	77,3	73,6
	PP 36/11a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,8	0,1	8,1	2,0	1,6
50% zavlhčení	PP 36/11a	%	74,2	1,3	1,7	75,7	72,6
	PP 36/11a	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,1	0,1	5,8	2,3	1,9
75% zavlhčení	PP 36/11a	%	73,5	1,2	1,7	75,0	72,0
	PP 36/11a	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,9	0,1	3,7	2,0	1,8
za sucha	PP 18/11 pl	%	57,4	0,5	0,8	58,0	56,8
	PP 18/11 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,5	0,1	1,6	3,6	3,5
25% zavlhčení	PP 18/11 pl	%	78,4	1,5	1,9	80,2	76,5
	PP 18/11 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,1	8,8	1,6	1,3

50% zavlhčení	PP 18/11 pl	%	75,2	1,1	1,5	76,6	73,8
	PP 18/11 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,8	0,1	4,7	1,9	1,7
75% zavlhčení	PP 18/11 pl	%	77,3	1,3	1,7	78,9	75,6
	PP 18/11 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,6	0,1	8,3	1,7	1,4
za sucha	PP 18/13 pl	%	59,1	2,3	3,8	61,9	56,3
	PP 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,5	0,4	10,7	4,0	3,1
25% zavlhčení	PP 18/13 pl	%	77,5	0,5	0,6	78,1	76,9
	PP 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,1	3,6	1,6	1,5
50% zavlhčení	PP 18/13 pl	%	77,7	1,9	2,5	80,1	75,3
	PP 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,1	9,4	1,7	1,3
75% zavlhčení	PP 18/13 pl	%	79,5	1,6	2,1	81,5	77,4
	PP 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,5	0,1	3,8	1,5	1,4
za sucha	PP 18/15 pl	%	55,8	1,0	1,8	57,0	54,6
	PP 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,7	0,1	3,1	3,9	3,6
25% zavlhčení	PP 18/15 pl	%	80,5	1,5	1,8	82,3	78,6
	PP 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,3	0,1	8,5	1,5	1,2
50% zavlhčení	PP 18/15 pl	%	81,0	1,9	2,4	83,4	78,7
	PP 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,2	0,2	12,2	1,4	1,1
75% zavlhčení	PP 18/15 pl	%	82,3	1,4	1,7	84,1	80,6
	PP 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,2	0,2	13,5	1,4	1,0
za sucha	Co 30/25 pl	%	64,4	1,1	1,7	65,8	63,1
	Co 30/25 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,6	0,2	6,7	2,8	2,4
25% zavlhčení	Co 30/25 pl	%	90,0	4,7	5,2	95,8	84,2
	Co 30/25 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,5	0,3	53,4	0,9	0,2
50% zavlhčení	Co 30/25 pl	%	90,6	2,6	2,9	93,9	87,3
	Co 30/25 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,5	0,1	24,5	0,7	0,3
75% zavlhčení	Co 30/25 pl	%	92,5	2,5	2,7	95,6	89,5
	Co 30/25 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,4	0,1	24,8	0,5	0,2
za sucha	Co 20/18 pl	%	73,0	2,9	4,0	76,6	69,4
	Co 20/18 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,6	0,3	19,0	1,9	1,2
25% zavlhčení	Co 20/18 pl	%	90,8	3,9	4,2	95,6	86,0
	Co 20/18 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,5	0,2	44,7	0,8	0,2
50% zavlhčení	Co 20/18 pl	%	94,5	2,4	2,6	97,5	91,5
	Co 20/18 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,3	0,1	47,1	0,5	0,1
75% zavlhčení	Co 20/18 pl	%	95,8	1,7	1,8	97,9	93,7
	Co 20/18 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,2	0,1	35,4	0,3	0,1
za sucha	Co 25/20 pl	%	68,3	2,4	3,6	71,3	65,2
	Co 25/20 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,0	0,2	7,7	2,1	1,8
25% zavlhčení	Co 25/20 pl	%	89,2	2,3	2,6	92,1	86,3
	Co 25/20 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,5	0,1	20,0	0,6	0,4

50% zavlhčení	Co 25/20 pl	%	92,7	0,3	0,4	93,1	92,3
	Co 25/20 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,3	0,1	16,1	0,4	0,3
75% zavlhčení	Co 25/20 pl	%	95,1	1,1	1,1	96,4	93,8
	Co 25/20 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,2	0,1	35,4	0,3	0,1



Příloha č. 2: Permetest měření s nepropustnou fólií.

U [%]	Vzorek	Jednotky	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	95% IS +	95% IS -
za sucha	PL 18/14 pl	%	4,3	0,1	3,0	4,5	4,2
	PL 18/14 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	124,6	0,4	0,4	125,2	124,1
25% zavlhčení	PL 18/14 pl	%	54,6	2,1	3,9	57,3	52,0
	PL 18/14 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,9	0,5	13,1	4,6	3,3
50% zavlhčení	PL 18/14 pl	%	53,1	5,8	10,9	60,3	45,9
	PL 18/14 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,0	1,0	24,5	5,2	2,8
75% zavlhčení	PL 18/14 pl	%	49,9	2,4	4,9	52,9	46,9
	PL 18/14 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,4	0,4	8,9	4,9	3,9
za sucha	PL 18/16 pl	%	4,2	0,2	3,8	4,4	4,0
	PL 18/16 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	132,9	5,6	4,2	139,8	126,0
25% zavlhčení	PL 18/16 pl	%	58,2	2,7	4,6	61,6	54,9
	PL 18/16 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,1	0,4	11,2	3,6	2,7
50% zavlhčení	PL 18/16 pl	%	50,3	7,8	15,5	60,0	40,7
	PL 18/16 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,5	1,4	30,6	6,3	2,8
75% zavlhčení	PL 18/16 pl	%	47,4	4,8	10,2	53,4	41,4
	PL 18/16 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,2	1,0	19,1	6,4	4,0
za sucha	PL 18/12 pl	%	4,1	0,1	2,8	4,3	4,0
	PL 18/12 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	137,4	1,5	1,1	139,2	135,6
25% zavlhčení	PL 18/12 pl	%	50,5	4,8	9,5	56,5	44,5
	PL 18/12 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,1	0,9	22,2	5,2	3,0
50% zavlhčení	PL 18/12 pl	%	50,5	5,9	11,6	57,7	43,2
	PL 18/12 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,2	1,0	24,7	5,5	2,9
75% zavlhčení	PL 18/12 pl	%	55,0	1,4	2,5	56,7	53,3
	PL 18/12 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,5	0,2	4,8	3,7	3,3
za sucha	PL 27/14,5 k	%	4,3	0,1	3,0	4,5	4,2
	PL 27/14,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	125,9	7,2	5,7	134,9	117,0
25% zavlhčení	PL 27/14,5 k	%	51,1	0,9	1,8	52,2	50,0
	PL 27/14,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,5	0,2	4,1	4,7	4,2
50% zavlhčení	PL 27/14,5 k	%	52,7	5,0	9,4	58,9	46,6
	PL 27/14,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,2	1,0	23,3	5,4	3,0
75% zavlhčení	PL 27/14,5 k	%	55,1	2,4	4,3	58,0	52,2
	PL 27/14,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,8	0,4	9,5	4,2	3,3
za sucha	PL 27/17,5 k	%	4,3	0,1	1,6	4,4	4,2
	PL 27/17,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	128,1	0,5	0,4	128,6	127,5
25% zavlhčení	PL 27/17,5 k	%	54,9	1,2	2,1	56,4	53,5
	PL 27/17,5 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,2	0,2	5,0	4,4	3,9

50% zavlhčení	PL 27/17,5 k	%	54,7	0,9	1,7	55,8	53,6
	PL 27/17,5 k	Pa.m²/W	4,2	0,2	4,3	4,4	4,0
75% zavlhčení	PL 27/17,5 k	%	57,5	1,5	2,7	59,4	55,6
	PL 27/17,5 k	Pa.m²/W	3,7	0,2	5,3	3,9	3,4
za sucha	PL 27/11,5 k	%	4,5	0,1	1,9	4,6	4,4
	PL 27/11,5 k	Pa.m²/W	124,5	0,4	0,3	125,0	124,1
25% zavlhčení	PL 27/11,5 k	%	59,1	0,9	1,5	60,2	58,0
	PL 27/11,5 k	Pa.m²/W	5,1	0,2	3,0	5,2	4,9
50% zavlhčení	PL 27/11,5 k	%	58,7	1,3	2,2	60,3	57,1
	PL 27/11,5 k	Pa.m²/W	5,8	0,3	4,6	6,2	5,5
75% zavlhčení	PL 27/11,5 k	%	58,3	2,8	4,8	61,7	54,8
	PL 27/11,5 k	Pa.m²/W	5,9	0,7	11,0	6,7	5,1
za sucha	PL 36/19,5 a	%	4,4	0,1	2,6	4,6	4,3
	PL 36/19,5 a	Pa.m²/W	126,6	0,5	0,4	127,1	126,0
25% zavlhčení	PL 36/19,5 a	%	54,9	2,6	4,8	58,2	51,7
	PL 36/19,5 a	Pa.m²/W	3,4	0,4	11,4	3,9	3,0
50% zavlhčení	PL 36/19,5 a	%	56,8	2,0	3,5	59,3	54,3
	PL 36/19,5 a	Pa.m²/W	3,2	0,3	8,6	3,5	2,8
75% zavlhčení	PL 36/19,5 a	%	57,3	3,1	5,4	61,1	53,4
	PL 36/19,5 a	Pa.m²/W	3,2	0,4	13,8	3,8	2,7
za sucha	PL 36/16,5 a	%	4,3	0,1	1,9	4,4	4,2
	PL 36/16,5 a	Pa.m²/W	128,4	3,7	2,9	133,0	123,8
25% zavlhčení	PL 36/16,5 a	%	53,6	1,6	2,9	55,5	51,7
	PL 36/16,5 a	Pa.m²/W	4,1	0,2	6,0	4,4	3,8
50% zavlhčení	PL 36/16,5 a	%	49,6	1,6	3,2	51,6	47,7
	PL 36/16,5 a	Pa.m²/W	4,8	0,3	5,7	5,1	4,4
75% zavlhčení	PL 36/16,5 a	%	54,2	1,2	2,2	55,7	52,7
	PL 36/16,5 a	Pa.m²/W	4,0	0,3	7,7	4,4	3,7
za sucha	PL 36/13,5 a	%	4,3	0,1	2,3	4,4	4,2
	PL 36/13,5 a	Pa.m²/W	128,4	3,7	2,9	133,0	123,8
25% zavlhčení	PL 36/13,5 a	%	43,8	6,8	15,6	52,3	35,3
	PL 36/13,5 a	Pa.m²/W	5,6	1,8	32,6	7,9	3,4
50% zavlhčení	PL 36/13,5 a	%	49,9	1,6	3,2	51,9	47,9
	PL 36/13,5 a	Pa.m²/W	4,2	0,3	6,9	4,5	3,8
75% zavlhčení	PL 36/13,5 a	%	49,1	3,1	6,3	52,9	45,3
	PL 36/13,5 a	Pa.m²/W	4,4	0,5	11,6	5,0	3,8
za sucha	VI 27/14 k	%	6,3	0,8	13,3	7,3	5,3
	VI 27/14 k	Pa.m²/W	89,8	15,3	17,0	108,8	70,9
25% zavlhčení	VI 27/14 k	%	57,6	2,9	5,0	61,1	54,0
	VI 27/14 k	Pa.m²/W	4,0	0,4	9,5	4,5	3,5

50% zavlhčení	VI 27/14 k	%	60,1	1,4	2,2	61,7	58,4
	VI 27/14 k	Pa.m²/W	3,7	0,2	4,9	4,0	3,5
75% zavlhčení	VI 27/14 k	%	66,5	4,1	6,1	71,5	61,4
	VI 27/14 k	Pa.m²/W	2,7	0,5	17,9	3,3	2,1
za sucha	VI 27/17 k	%	6,3	0,8	13,5	7,3	5,2
	VI 27/17 k	Pa.m²/W	85,0	10,6	12,4	98,0	71,9
25% zavlhčení	VI 27/17 k	%	54,0	7,2	13,3	62,9	45,1
	VI 27/17 k	Pa.m²/W	4,3	1,1	26,2	5,6	2,9
50% zavlhčení	VI 27/17 k	%	50,8	4,1	8,0	55,9	45,7
	VI 27/17 k	Pa.m²/W	5,3	0,8	16,0	6,3	4,3
75% zavlhčení	VI 27/17 k	%	44,7	8,0	17,9	54,7	34,8
	VI 27/17 k	Pa.m²/W	1,4	0,1	5,1	1,5	1,3
za sucha	VI 27/20 k	%	6,5	0,6	9,2	7,2	5,7
	VI 27/20 k	Pa.m²/W	84,3	17,0	20,1	105,3	63,3
25% zavlhčení	VI 27/20 k	%	48,2	4,7	9,7	54,0	42,4
	VI 27/20 k	Pa.m²/W	5,7	1,1	19,9	7,1	4,3
50% zavlhčení	VI 27/20 k	%	45,8	3,4	7,4	50,0	41,6
	VI 27/20 k	Pa.m²/W	6,2	0,8	12,7	7,2	5,2
75% zavlhčení	VI 27/20 k	%	61,7	8,1	13,1	71,7	51,6
	VI 27/20 k	Pa.m²/W	3,5	1,3	37,3	5,1	1,9
za sucha	VI 18/15 pl	%	6,8	0,9	13,0	7,9	5,7
	VI 18/15 pl	Pa.m²/W	74,7	16,1	21,5	94,5	54,8
25% zavlhčení	VI 18/15 pl	%	49,1	25,2	51,3	80,3	17,9
	VI 18/15 pl	Pa.m²/W	3,9	0,3	7,7	4,3	3,5
50% zavlhčení	VI 18/15 pl	%	61,1	7,6	12,4	70,4	51,7
	VI 18/15 pl	Pa.m²/W	4,4	1,0	22,4	5,7	3,2
75% zavlhčení	VI 18/15 pl	%	48,0	4,7	9,7	53,8	42,2
	VI 18/15 pl	Pa.m²/W	3,8	0,7	18,3	4,7	2,9
za sucha	VI 18/13 pl	%	6,3	0,6	10,1	7,1	5,5
	VI 18/13 pl	Pa.m²/W	84,2	16,8	19,9	104,9	63,4
25% zavlhčení	VI 18/13 pl	%	44,4	4,1	9,2	49,5	39,3
	VI 18/13 pl	Pa.m²/W	4,4	0,7	17,1	5,3	3,4
50% zavlhčení	VI 18/13 pl	%	56,1	7,3	13,1	65,2	47,0
	VI 18/13 pl	Pa.m²/W	2,7	0,8	30,9	3,8	1,7
75% zavlhčení	VI 18/13 pl	%	56,4	5,6	10,0	63,4	49,4
	VI 18/13 pl	Pa.m²/W	2,8	0,7	23,6	3,6	2,0
za sucha	VI 18/17 pl	%	8,5	0,4	5,1	9,0	7,9
	VI 18/17 pl	Pa.m²/W	68,2	4,5	6,5	73,7	62,6
25% zavlhčení	VI 18/17 pl	%	27,8	7,5	27,1	37,2	18,5
	VI 18/17 pl	Pa.m²/W	10,0	3,9	39,1	14,8	5,2

50% zavlhčení	VI 18/17 pl	%	28,0	4,9	17,4	34,0	22,0
	VI 18/17 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	9,3	2,1	22,1	11,8	6,7
75% zavlhčení	VI 18/17 pl	%	31,8	3,4	10,7	36,1	27,6
	VI 18/17 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	8,0	1,2	14,7	9,4	6,5
za sucha	VI 36/22 a	%	8,3	1,1	13,8	9,7	6,9
	VI 36/22 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	69,5	14,3	20,6	87,3	51,8
25% zavlhčení	VI 36/22 a	%	57,2	14,6	25,5	75,4	39,1
	VI 36/22 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,6	2,9	63,5	8,1	1,0
50% zavlhčení	VI 36/22 a	%	46,0	8,1	17,6	56,1	36,0
	VI 36/22 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	6,6	2,6	39,4	9,8	3,4
75% zavlhčení	VI 36/22 a	%	58,6	10,2	17,3	71,2	46,0
	VI 36/22 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,6	2,4	52,1	7,6	1,6
za sucha	VI 36/19 a	%	8,9	1,2	13,3	10,4	7,4
	VI 36/19 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	64,5	12,4	19,2	79,9	49,2
25% zavlhčení	VI 36/19 a	%	50,7	5,0	9,8	56,9	44,5
	VI 36/19 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,1	1,0	19,3	6,3	3,9
50% zavlhčení	VI 36/19 a	%	53,5	5,7	10,7	60,6	46,4
	VI 36/19 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,6	1,1	23,6	5,9	3,3
75% zavlhčení	VI 36/19 a	%	50,5	4,1	8,2	55,7	45,4
	VI 36/19 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,0	0,8	15,9	6,0	4,0
za sucha	VI 36/16 a	%	6,4	1,1	17,7	7,8	5,0
	VI 36/16 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	79,7	23,5	29,5	108,8	50,6
25% zavlhčení	VI 36/16 a	%	52,6	5,1	9,8	58,9	46,2
	VI 36/16 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,7	0,9	19,2	5,8	3,6
50% zavlhčení	VI 36/16 a	%	56,8	7,8	13,7	66,4	47,2
	VI 36/16 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,1	1,3	32,2	5,8	2,5
75% zavlhčení	VI 36/16 a	%	61,1	9,3	15,3	72,7	49,5
	VI 36/16 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,5	1,4	41,2	5,2	1,7
za sucha	PP 27/15 k	%	4,3	0,1	2,3	4,4	4,2
	PP 27/15 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	126,5	1,5	1,2	128,3	124,6
25% zavlhčení	PP 27/15 k	%	61,6	0,8	1,3	62,6	60,6
	PP 27/15 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,9	0,1	3,9	3,1	2,8
50% zavlhčení	PP 27/15 k	%	58,3	2,4	4,2	61,3	55,2
	PP 27/15 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,7	0,4	10,5	4,2	3,2
75% zavlhčení	PP 27/15 k	%	59,4	1,3	2,2	61,0	57,8
	PP 27/15 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,5	0,2	4,5	3,7	3,3
za sucha	PP 27/12 k	%	4,3	0,1	2,1	4,5	4,2
	PP 27/12 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	126,2	0,3	0,2	126,5	125,9
25% zavlhčení	PP 27/12 k	%	62,6	3,2	5,1	66,6	58,7
	PP 27/12 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,0	0,4	11,8	3,5	2,6

50% zavlhčení	PP 27/12 k	%	65,2	3,3	5,0	69,3	61,1
	PP 27/12 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,8	0,4	14,4	3,3	2,3
75% zavlhčení	PP 27/12 k	%	63,2	2,0	3,2	65,7	60,6
	PP 27/12 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,3	0,3	8,8	3,6	2,9
za sucha	PP 27/9 k	%	4,3	0,1	3,0	4,5	4,2
	PP 27/9 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	124,4	3,8	3,1	129,1	119,7
25% zavlhčení	PP 27/9 k	%	57,9	2,3	3,9	60,7	55,1
	PP 27/9 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,4	0,4	9,1	4,9	3,9
50% zavlhčení	PP 27/9 k	%	59,0	2,1	3,5	61,5	56,4
	PP 27/9 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,7	0,4	10,0	4,1	3,2
75% zavlhčení	PP 27/9 k	%	57,7	2,2	3,9	60,5	55,0
	PP 27/9 k	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,8	0,4	10,4	4,3	3,3
za sucha	PP 36/14 a	%	4,2	0,2	3,6	4,4	4,1
	PP 36/14 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	126,5	0,5	0,4	127,1	125,9
25% zavlhčení	PP 36/14 a	%	56,9	3,8	6,7	61,7	52,2
	PP 36/14 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,1	0,5	13,0	4,8	3,5
50% zavlhčení	PP 36/14 a	%	51,7	1,7	3,3	53,8	49,6
	PP 36/14 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,0	0,4	7,3	5,5	4,5
75% zavlhčení	PP 36/14 a	%	51,0	3,8	7,4	55,7	46,4
	PP 36/14 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	5,3	0,9	16,4	6,3	4,2
za sucha	PP 36/17 a	%	4,2	0,2	4,6	4,5	4,0
	PP 36/17 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	125,3	4,4	3,5	130,8	119,9
25% zavlhčení	PP 36/17 a	%	60,5	2,0	3,3	63,0	58,0
	PP 36/17 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,7	0,3	8,0	4,0	3,3
50% zavlhčení	PP 36/17 a	%	59,3	1,5	2,6	61,2	57,4
	PP 36/17 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,9	0,3	6,5	4,2	3,6
75% zavlhčení	PP 36/17 a	%	59,3	2,5	4,3	62,4	56,1
	PP 36/17 a	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,4	0,6	17,1	4,1	2,7
za sucha	PP 36/11a	%	4,3	0,1	3,0	4,5	4,2
	PP 36/11a	Pa.m <sup>2</sup> /W	126,3	0,1	0,0	126,4	126,3
25% zavlhčení	PP 36/11a	%	58,1	3,9	6,7	63,0	53,3
	PP 36/11a	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,9	0,5	11,9	4,5	3,3
50% zavlhčení	PP 36/11a	%	56,4	2,4	4,2	59,3	53,4
	PP 36/11a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,6	0,5	11,8	5,2	3,9
75% zavlhčení	PP 36/11a	%	56,3	0,9	1,6	57,4	55,2
	PP 36/11a	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,3	0,2	3,9	4,5	4,1
za sucha	PP 18/11 pl	%	4,3	0,1	1,9	4,4	4,2
	PP 18/11 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	126,6	0,4	0,3	127,0	126,1
25% zavlhčení	PP 18/11 pl	%	57,9	2,8	4,8	61,4	54,4
	PP 18/11 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,0	0,4	10,0	4,5	3,5

50% zavlhčení	PP 18/11 pl	%	55,1	1,4	2,5	56,8	53,4
	PP 18/11 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,4	0,2	5,3	4,7	4,1
75% zavlhčení	PP 18/11 pl	%	57,5	1,4	2,5	59,3	55,8
	PP 18/11 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	4,0	0,2	5,9	4,3	3,7
za sucha	PP 18/13 pl	%	4,4	0,1	1,9	4,5	4,3
	PP 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	127,4	0,9	0,7	128,5	126,3
25% zavlhčení	PP 18/13 pl	%	59,5	2,5	4,2	62,7	56,4
	PP 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,5	0,3	9,3	3,9	3,1
50% zavlhčení	PP 18/13 pl	%	66,2	1,7	2,6	68,3	64,1
	PP 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	2,7	0,2	7,4	2,9	2,5
75% zavlhčení	PP 18/13 pl	%	62,2	1,1	1,7	63,6	60,9
	PP 18/13 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,2	0,1	3,5	3,4	3,1
za sucha	PP 18/15 pl	%	4,4	0,1	1,6	4,5	4,3
	PP 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	126,7	0,3	0,2	127,0	126,4
25% zavlhčení	PP 18/15 pl	%	61,3	0,4	0,6	61,8	60,8
	PP 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,4	0,1	2,5	3,5	3,3
50% zavlhčení	PP 18/15 pl	%	61,0	1,2	2,0	62,5	59,6
	PP 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,4	0,1	4,4	3,6	3,2
75% zavlhčení	PP 18/15 pl	%	62,8	1,9	3,0	65,2	60,5
	PP 18/15 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	3,4	0,4	13,0	3,9	2,8
za sucha	Co 30/25 pl	%	4,6	0,4	8,0	5,0	4,1
	Co 30/25 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	115,8	11,3	9,7	129,7	101,8
25% zavlhčení	Co 30/25 pl	%	83,1	7,7	9,2	92,6	73,6
	Co 30/25 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,0	0,6	55,2	1,7	0,3
50% zavlhčení	Co 30/25 pl	%	87,9	7,1	8,1	96,7	79,1
	Co 30/25 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,7	0,5	66,9	1,2	0,1
75% zavlhčení	Co 30/25 pl	%	86,4	3,9	4,5	91,2	81,5
	Co 30/25 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	0,6	0,2	33,2	0,8	0,3
za sucha	Co 20/18 pl	%	5,1	0,8	15,5	6,1	4,1
	Co 20/18 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	109,1	21,8	20,0	136,1	82,1
25% zavlhčení	Co 20/18 pl	%	82,1	4,7	5,7	87,9	76,2
	Co 20/18 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,2	0,3	27,1	1,6	0,8
50% zavlhčení	Co 20/18 pl	%	77,7	4,0	5,1	82,6	72,8
	Co 20/18 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,2	0,3	20,4	1,5	0,9
75% zavlhčení	Co 20/18 pl	%	77,9	7,0	9,0	86,6	69,2
	Co 20/18 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,4	0,3	24,7	1,8	0,9
za sucha	Co 25/20 pl	%	4,7	0,1	2,6	4,9	4,5
	Co 25/20 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	109,5	7,8	7,2	119,2	99,8
25% zavlhčení	Co 25/20 pl	%	82,0	4,9	6,0	88,1	76,0
	Co 25/20 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,2	0,2	20,4	1,5	0,9

50% zavlhčení	Co 25/20 pl	%	75,3	6,3	8,3	83,1	67,6
	Co 25/20 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,3	0,2	18,3	1,5	1,0
75% zavlhčení	Co 25/20 pl	%	77,8	6,2	8,0	85,5	70,1
	Co 25/20 pl	Pa.m <sup>2</sup> /W	1,3	0,2	13,3	1,5	1,1